

Organizadores:

Thiago Santana de Oliveira
Fabiana Aquino de Moraes Rêgo
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Carolina Gomes Araújo Garreto

Estudos em
Engenharia
& Inovação
Volume 4




Pascal
Editora

2023

THIAGO SANTANA DE OLIVEIRA
FABIANA AQUINO DE MORAES RÊGO
MIRIAN NUNES DE CARVALHO NUNES
CAROLINA GOMES ARAÚJO GARRETO
(Organizadores)

ESTUDOS EM ENGENHARIA
& INOVAÇÃO
VOLUME 4

EDITORA PASCAL
2023

2023 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Bibliotecária: Rayssa Cristhália Viana da Silva – CRB-13/904

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior

Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda

Dr^a. Sinara de Fátima Freire dos Santos

Dr. Raimundo Luna Neres

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48c

Coletânea Estudos em engenharia e inovação / Thiago Santana de Oliveira, Fabiana Aquino de Moraes Rêgo, Mirian Nunes de Carvalho Nunes e Carolina Gomes Araújo Garreto (Org). São Luís - Editora Pascal, 2023.

706 f. : il.: (Estudos em engenharia e inovação; v. 4)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-77-8

D.O.I.: 10.29327/5260152

1. Engenharia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. 4. Miscelânea. I. Oliveira, Thiago Santana de. II. Rêgo, Fabiana Aquino de Moraes. III. Nunes, Mirian Nunes de Carvalho. VI. Garreto, Carolina Gomes Araújo. V. Título.

CDU: 621.7::330.341.1

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2023

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Nos últimos anos, os desafios dos engenheiros frente as mudanças tecnológicas no processo produtivo impõem operarem dentro dos conceitos da Indústria 4.0. O surgimento dos sistemas de digitalização nas operações produtivas, promoveu profunda mudança na realidade das manufaturas fazendo que o mercado de trabalho (empresas/indústrias) busquem por profissionais que estejam mais adaptados às conjunturas tecnológicas e nesse caso engenheiros que possuam competências técnicas, metodológicas, sociais e pessoais.

Como atualmente a produção mais autônoma, as fábricas possuem capacidade de prever erros, promover adaptações e mudanças rápidas, onde o engenheiro capacitado apontará às melhores tomadas de decisões que reduzirá os impactos no resultado final.

No Brasil, as mudanças da quarta revolução industrial têm ocorrido a passos lentos em relação ao resto do mundo, mas já é uma realidade bastante forte nas indústrias brasileiras. E o engenheiro tem o papel de fomentar esse desenvolvimento através da difusão de conhecimento, apresentando as melhores estratégias na alocação de investimentos, atualização de fornecedores, melhores layout na infraestrutura e principalmente, na implantação de metodologias de produção inteligente.

Um estudo realizado em 2017 pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) apontou que dos 24 setores industriais do Brasil, 14 estão atrasados na adoção de tecnologias digitais. Assim dados do IBGE mostra que, os 14 setores em situação de vulnerabilidade respondem por cerca de 40% da produção industrial e 38,9% do PIB industrial brasileiro. O que evidencia a necessidade de investimentos urgentes para manter-se sobrevivendo no mercado altamente competitivo. O papel do engenheiro na busca das melhores estratégias para elevar o grau de inovação com o objetivo de uma maior inserção das indústrias brasileiras no mercado global.

O desafio após a pandemia que estagnou a produtividade do trabalho, a ideia é trazer cada vez mais tecnologia no dia a dia para o ambiente dentro das fábricas, tornando-as mais inteligentes beneficiando as empresas, colaboradores e indústrias como um todo.

Este livro apresenta vários estudos das engenharias que corrobora com os conceitos da atualização tecnológica. A composição do livro é através de capítulos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto etc.

Convido para essa atualização tecnológica!

Eduardo Mendonça Pinheiro

Doutor em Agroecologia, especialista em Engenharia de Produção e professor da Faculdade Anhanguera

ORGANIZADORES

Thiago Santana de Oliveira

Bacharel em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal do Maranhão (2004), com mestrado em Engenharia de Materiais (2016), na mesma instituição. Atuou como profissional nas áreas de siderurgia e gerenciamento de frota de veículos e equipamentos a diesel, com bons conhecimentos nas ferramentas de gestão da manutenção. Ministra aulas desde 2005, sendo a experiência inicial no ensino médio e técnico. Atualmente, trabalha na docência de ensino superior, onde possui experiência de 8 anos. Atualmente, atua como docente e coordenador do Curso de Engenharia Mecânica na faculdade Anhanguera Maranhão. Responsável pela organização de eventos na instituição, como a mostra de iniciação científica (ICEMEC), que rendeu publicações de livros e capítulos. Possui grandes artigos e trabalhos publicados em sua área de experiência..

Fabiana Aquino de Moraes Rêgo

Possui pós-graduação em “Diseño y Arquitectura de Interiores” (Carga horária: 500h) pela Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid da Universidad Politécnica de Madrid (2006). Graduação em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário do Maranhão (2005) e graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (2003). Adquiriu experiência profissional na área de arquitetura, interiores e museografia, com ênfase na gestão de produção, desenvolvimento técnico e coordenação de projetos museográficos em empresa especializada durante os 7 anos que morou em Madri - Espanha (2006-2012). Atualmente é proprietária do escritório Fabiana Moraes Rêgo Arquitetura e Interiores desde 2013.

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Graduada em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão - UFMA. Graduada em Formação Pedagógica de Docentes para as áreas do Ensino Médio e Profissionalizante pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA. Pós-Graduada Gestão Educacional pela Faculdades Integradas Potencial - FIP - Cotias - SP; em Arte, Educação e Tecnologias Contemporâneas pela Universidade de Brasília - UnB e em Docência do Ensino Superior pela Universidade Candido Mendes RJ. Exerce cargo de Professora na Universidade Pitágoras São Luís - MA, ministrando as disciplinas de Desenho Técnico, Desenho Técnico Mecânico no programa computacional Inventor da Autodesk, Desenho Técnico Projetivo no programa computacional AutoCAD da Autodesk e Orientação de TCC. Atuou como Professora EaD da disciplina de Desenho Técnico de 2013 a 2020 no Curso de Segurança do Trabalho pela UEMANET.

Carolina Gomes Araujo Garreto

Doutoranda em Segurança e Saúde Ocupacionais, pela Universidade do Porto. Possui mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, pela Universidade do Porto (2019), Especialização em Engenharia de segurança do trabalho, pela Universidade Estácio de Sá - Laboro (2015), Especialização em engenharia ferroviária, pela UnDB (2012) e graduação em Engenharia Elétrica Industrial pelo IFMA (2011).

SUMÁRIO

SEÇÃO: ENGENHARIA AMBIENTAL

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1 | 15 |
| TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA <i>Gabriel Arcangelo Maranhão Neto</i> | |
| CAPÍTULO 2 | 30 |
| SANEAMENTO AMBIENTAL: ESSENCIALIDADE PARA PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE <i>Adrielle Medeiros Diniz</i> | |
| CAPÍTULO 3 | 45 |
| A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS EM MEIO URBANO NO BRASIL <i>Ruan Carlos Almeida da Silva</i> | |
| CAPÍTULO 4 | 61 |
| A PRESERVAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM <i>Luis Carlos Carvalho Santos</i> <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 5 | 75 |
| OS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIGINADOS DEVIDO O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: REJEITO INDUSTRIAL DE UMA COMPANHIA MINERADORA QUE AFETOU O MUNICÍPIO DE MARIANA-MG <i>Pablo Jorge Pires Bastos</i> <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 6 | 91 |
| AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA <i>Izabela Francisca Oliveira Ribeiro</i> | |

SEÇÃO: ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 7 | 108 |
| A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO DENTRO DE UM HOSPITAL <i>Carlos Manoel Oliveira De Castro</i> <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 8 | 121 |
| COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES APLICAÇÕES DE MICROCONTROLADORES <i>Fernanda Leite Saraiva</i> | |

Jorge Luís Carvalho Maciel
Juan Carlos Pereira Silva
Júlio Adriano da Silva Ferreira
Tayssara Elizavieta Martins Varão

CAPÍTULO 9.....132
SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM PROL DE CONDUZIR MELHORIAS NO
ACIONAMENTO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉTRICOS

Rennan Rodrigues Trinta

CAPÍTULO 10147
INVERSORES DE FREQUÊNCIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Roberth Lee de Oliveira Santos

CAPÍTULO 11160
NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Sérgio de Melo Martins

SEÇÃO: ENGENHARIA ELÉTRICA

CAPÍTULO 12170
OS RISCOS DE UMA SUBESTAÇÃO NÃO PARAMETRIZADA

Marcio Leandro Vieira Santos

CAPÍTULO 13184
UMA VISÃO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO E QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

Leandro Bezerra Saminez

CAPÍTULO 14.....191
A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA EM SUBESTAÇÃO

Leonardo Cesar dos Santos

Vanessa Dias

CAPÍTULO 15208
CRESCIMENTO DO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Diogo Fernandes Maia

CAPÍTULO 16237
ENERGIA SOLAR: A IMPORTÂNCIA DESSA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA PARA A
SOCIEDADE

Antônio Augusto Lima da Silva

CAPÍTULO 17248
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: O IMPACTO DA PRIVATIZAÇÃO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA

Jefferson Costa Caldas da Silva

CAPÍTULO 18263
SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO (SDAI)

Adonias Nascimento Silva

CAPÍTULO 19275
SISTEMAS DE ENERGIA: ECONOMIA A PARTIR DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Mateus Lima da Cunha

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

SEÇÃO: ENGENHARIA MECÂNICA

CAPÍTULO 20292
GESTÃO DE MANUTENÇÃO

Noberth dos Santos de Oliveira

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Thalysson Oliveira Sampaio

Renato Pinheiro Castro

CAPÍTULO 21300
FALHAS EM PEÇAS MECÂNICAS: UM RESUMO DOS PRINCIPAIS ESTUDOS

Thalysson Oliveira Sampaio

Antonio Merval Machado Tavares

Noberth dos Santos de Oliveira

Renato Pinheiro Castro

CAPÍTULO 22312
A IMPORTÂNCIA DA VEDAÇÃO NA PREVENÇÃO DE FALHAS POR VAZAMENTOS

Francklin Galvão Rocha

CAPÍTULO 23320
LEAN MANUFACTURING APLICADO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Norberto dos Santos Oliveira

Renato Pinheiro Castro

Thalysson Oliveira Sampaio

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 24 | 332 |
| A INDÚSTRIA 4.0 PARA A ENGENHARIA | |
| <i>Werliton Soares Pereira</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 25 | 340 |
| BENEFÍCIOS DA IMPRESSÃO 3D PARA O PROCESSO DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAL | |
| <i>Patrick Vital Silva De Jesus</i> | |
| CAPÍTULO 26 | 348 |
| A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SISTEMA DE ARREFECIMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | |
| <i>Maycow Douglas de Oliveira Alves</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| <i>Jhoseph Andrade Martins</i> | |
| <i>Deivyt Silva Da Silva</i> | |
| <i>Francisco Carlos Guedes Rêgo</i> | |
| <i>Antonio Merval Machado Tavares</i> | |
| <i>Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira</i> | |
| CAPÍTULO 27 | 359 |
| A MANUTENÇÃO PREVENTIVA COMO RECURSO PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL | |
| <i>Deivyt Silva Da Silva</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| <i>Francisco Carlos Guedes Rêgo</i> | |
| <i>Jhoseph Andrade Martins</i> | |
| <i>Maycow Douglas de Oliveira Alves</i> | |
| <i>Antonio Merval Machado Tavares</i> | |
| <i>Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira</i> | |
| CAPÍTULO 28 | 368 |
| APLICAÇÃO DO COMANDO NUMÉRICO COMPUTADORIZADO NOS PROCESSOS DE USINAGEM | |
| <i>Laura Carvalho Vieira</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 29 | 379 |
| BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL PARA O PROCESSO PRODUTIVO DAS EMPRESAS | |
| <i>Jhoseph Andrade Martins</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |

Deivyt Silva Da Silva
Francisco Carlos Guedes Rêgo
Maycow Douglas de Oliveira Alves
Antonio Merval Machado Tavares
Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

CAPÍTULO 30387

AÇOS BIFÁSICOS DP600 e DP780

Bruno Silva dos Santos
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Thiago Santana Oliveira

CAPÍTULO 31400

PROCESSOS DE SOLDAGEM E SUA IMPORTÂNCIA

Djonh Willian Belfort Oliveira
Antonio Merval Machado Tavares

CAPÍTULO 32409

SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS: DA MANUTENÇÃO PERIÓDICA À USABILIDADE

Francisco de Assis Pinheiro Gomes

CAPÍTULO 33418

FREIOS MECÂNICOS: INFLUÊNCIA DO SUPERAQUECIMENTO NO DISCO DE FREIO AUTOMOTIVO

João Batista Amaral Junior
Mirian Nunes de Carvalho

CAPÍTULO 34430

USINAGEM NÃO CONVENCIONAL: USINAGEM A LASER COMO ALTERNATIVA AOS PROCESSOS CONVENCIONAIS

Lucas Breno Gomes Andrade
Caio Henrique Almeida de Ataíde
Camila Eduarda Silva Carvalho
Danilo Oliveira Cortes
Joaquim Cantanhede de Castro
José Vitor Mendes França
Leandro Ribeiro da Conceição
Pablo Vinicius Costa Silva
Vanderson Gusmão de Oliveira

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 35 | 438 |
| A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA A INDÚSTRIA | |
| <i>Lucas D'Lucas de Jesus Saraiva Dias</i> | |
| CAPÍTULO 36 | 450 |
| MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA | |
| <i>Eric Leonne Pinheiro Coelho</i> | |
| CAPÍTULO 37 | 456 |
| GESTÃO DE PROCESSOS: APLICAÇÃO NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL | |
| <i>Igor Assilon Melo Gomes</i> | |
| <i>Joaquim Cantanhede de Castro</i> | |
| <i>Leandro Ribeiro da Conceição</i> | |
| <i>Lucas Breno Gomes Andrade</i> | |
| <i>Robert Willian Nogueira dos Santos</i> | |
| <i>William Pereira Sarges</i> | |
| SEÇÃO: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO | |
| CAPÍTULO 38 | 465 |
| GESTÃO DA QUALIDADE: APLICAÇÃO DE SUAS FERRAMENTAS EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE | |
| <i>Nelcilene de Jesus Neves Gusmão</i> | |
| CAPÍTULO 39 | 479 |
| METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROJETOS NA COMPETIÇÃO SAE BRASIL AERODESING | |
| <i>Liciane Soares Melo</i> | |
| CAPÍTULO 40..... | 485 |
| GESTÃO DA PRODUÇÃO: OS DESAFIOS PROPOSTOS PELO MERCADO | |
| <i>Izaiane Lopes Martins</i> | |
| <i>Regina Kelly Baima Da Silva</i> | |
| CAPÍTULO 41..... | 494 |
| A IMPORTÂNCIA DO PROGRAMA 5S PARA MELHORIA DE PROCESSOS | |
| <i>Lívia Ferreira Lopes</i> | |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i> | |
| CAPÍTULO 42..... | 507 |
| INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO: APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS | |
| <i>José Vitor Mendes França</i> | |
| <i>Leandro Ribeiro da Conceição</i> | |

Pablo Vinicius Costa Silva
Danilo Oliveira Cortes
Lucas Breno Gomes Andrade
Camila Eduarda Silva Carvalho
Vanderson Gusmão de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

CAPÍTULO 43517
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO COM FOCO EM SEGURANÇA DO TRABALHO NAS EMPRESAS DE BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

Lennary Grazielly Lopes Ferreira

CAPÍTULO 44.....530
A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ORGANIZAÇÕES

Rayra Nascimento Sousa

CAPÍTULO 45543
A IMPORTÂNCIA DO USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) NA CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DENTRO DAS EMPRESAS

Josevaldo Barbosa Santos

CAPÍTULO 46.....551
A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL PARA A MANUTENÇÃO DA COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS

Carlos Victor Silva Bastos

CAPÍTULO 47565
GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM SCRUM COMO APLICABILIDADE DE UMA METODOLOGIA ÁGIL

Ana Paula Sousa Batista

CAPÍTULO 48.....581
A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO PARA AS EMPRESAS

José Moisés Lima de Oliveira

CAPÍTULO 49589
GESTÃO DE QUALIDADE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Pedro da Silva Mota Neto

CAPÍTULO 50 605
IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIA KAIZEN NA LOGÍSTICA

Elaine de Jesus Pereira Farias

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Thiago Santana de Oliveira

CAPÍTULO 51 618
SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Hugo Leonardo Gonçalves dos Santos

CAPÍTULO 52 634
A PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA AS INDÚSTRIAS

Jailson Dyan Pinho Dias

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Thiago Santana de Oliveira

SEÇÃO: ENGENHARIA QUÍMICA

CAPÍTULO 53 651
GERENCIAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Iveline Claudia Marques Santos

Gleidison Andrade Costa

CAPÍTULO 54 667
A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Mirlla Correia Lima Lica

Irlla Correia Lima Licá

Victor José Lopes Silva

Amanda Mickelly Azevedo Vieira

CAPÍTULO 55 680
GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS E SUA GESTÃO NAS BARRAGENS

Victor José Lopes Silva

Amanda Mickelly Azevedo Vieira

Mirlla Correia Lima Lica

CAPÍTULO 56 692
GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS E SUA GESTÃO NAS BARRAGENS

Amanda Mickelly Azevedo Vieira

Mirlla Correia Lima Lica

Victor José Lopes Silva



Engenharia Ambiental

1

TECNOLOGIAS UTILIZADAS NO TRATAMENTO E REUSO DA ÁGUA

*TECHNOLOGIES USED IN THE TREATMENT AND REUSE OF
WATER*

Gabriel Arcangelo Maranhão Neto

Resumo

O tratamento e o reuso da água são maneiras de gerir perdas, evitar eventuais desperdícios, sobretudo reduzir o consumo da água no território brasileiro. Neste ínterim, o reuso de efluentes tratados, possibilita a diminuição do consumo da água em consonância com os parâmetros qualitativos da legislação brasileira vigente. Dentre os mais importantes recursos naturais, fundamentais para a humanidade a contextualização das tecnologias utilizadas no tratamento e reutilização da água são fundamentais para manutenção dos processos produtivos, a água é vista como um bem abundante no Brasil. Atualmente, crises de abastecimento, no Brasil e no mundo, levam a sociedade ao entendimento de que a gestão da água se faz uma prioridade com proporções globais. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Em conclusão, demonstram-se que apesar do assunto em pauta ser muito debatido e existir políticas públicas que reforçam a importância da reutilização da água, tais práticas ainda precisam ser implementadas na rotina das pessoas, objetivando a utilização sustentável dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Reutilização de água, tratamento de água, águas residuárias.

Abstract

Water treatment and reuse are methods for controlling losses, preventing waste, and, most importantly, lowering Brazil's water usage. Meanwhile, it is conceivable to minimize water usage to meet the quality requirements of the existing Brazilian legal framework by reusing treated effluents. The contextualization of the technologies employed in the treatment and reuse of water are crucial for the maintenance of productive processes. Water is regarded as an abundant good in Brazil and is one of the most significant natural resources, fundamental for humanity. Currently, water management is recognized as a global issue due to supply crises in Brazil and around the world. The search was conducted utilizing electronic search engines, scholarly journals, monographs, and theses pertaining to the topic of environmental engineering. The methodology used was a bibliographic review employing a qualitative and descriptive method. The study's findings demonstrate that, despite the fact that the issue has been hotly debated and that governmental policies emphasize the value of water reuse, such practices still need to be incorporated into everyday life in order to achieve the sustainable use of water resources.

Keywords: Water reuse, water treatment, wastewater.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o debate referente a relevância da água para a vida é inegável. Não há ser vivo sobre a face da Terra que possa prescindir de sua existência e sobreviver. Desta forma, sua presença proporciona condições para a vida, a qualidade da água também pode representar um sério risco à saúde. Se em outras épocas bastava procurar uma fonte ou um rio próximo para se abastecer, atualmente o consumo seguro da água depende da qualidade do tratamento pelo qual ela passa.

O tratamento e o reúso da água são maneiras de gerir perdas, evitar eventuais desperdícios, sobretudo reduz o consumo da água no território brasileiro. Neste ínterim. O reúso de efluentes tratados, possibilita a diminuição do consumo da água em consonância com os parâmetros qualitativos da legislação brasileira vigente. Por se tratar de um bem natural que está cada vez mais raro e caro, a reutilização da água é de fundamental importância para o meio ambiente, sobretudo para a economia das empresas, cidadãos e governos.

Desta forma, sempre houve uma sensação de que esse recurso era inesgotável, por conta de sua vasta disponibilidade, contudo, atualmente por conta de um grande crescimento demográfico, sobretudo nas grandes cidades, vem ocasionando crises referentes ao risco hídrico. Neste ínterim, a questão de pesquisa que norteia este estudo é: Qual a importância das tecnologias de tratamento e reúso de água no Brasil?

O objetivo geral deste estudo visa conhecer os benefícios na contextualização das tecnologias utilizadas no tratamento e reúso de água. Além dos objetivos específicos que são refletir sobre as etapas iniciais no tratamento convencional da água; descrever os processos de reutilização de água cinza e contextualizar os benefícios gerados pelo uso do tratamento e reúso de água.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa tratou-se de um estudo de revisão bibliográfica, reuniu-se evidências que deram suporte ao método descritivo. Foram revisados artigos científicos oriundos das bases de dados: Google Acadêmico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES Periódicos), *Scientific Eletronic Library Online (SciELO)*, Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade (RBES) e Scribd, onde foram consultados diferentes documentos como: Livros, Artigos, Periódico Eletrônicos, Revistas, Teses, Dissertações e Monografias publicadas nos últimos 18 anos.

3. ETAPAS DO TRATAMENTO CONVENCIONAL DA ÁGUA

Segundo Veras e Bernardo (2006), o problema relacionado à temática da água tem se agravado nos últimos anos ao redor do mundo, sobretudo no que diz respeito ao abastecimento dos mananciais, geralmente ocasionado pelo questões que envolve os setores agrícolas e industriais, requerendo ações que objetivam o tratamento da água de forma que atenda os padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Contudo, os países que estão em desenvolvimento sofrem sérias dificuldades levando em consideração o poder financeiro.

De acordo com Bacci e Pataca (2016), a água está diretamente relacionada ao de-

envolvimento social, econômico e ambiental, pois água tem fundamental importância para manutenção de toda forma de existência no planeta terra. A biodiversidade brasileira ocupa um papel fundamental para o resto do mundo. Neste sentido, falar da importância dos procedimentos que objetivam fornecer ou tratar a água, em suas diversas dimensões, é falar sobre a sobrevivência da espécie humana.

Bem como, a água está diretamente relacionada a manutenção da vida, seja no âmbito social, econômico e ambiental entre todos os países. De acordo com a Lei nº 9.443 de 8 de janeiro de 1997:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de um valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; (BRASIL, 1997).

Do mesmo modo, o consumo de água aumentou duas vezes mais que a população e a estimativa é que a demanda aumente 55% até 2050, além de que a população mundial chegará a 9,6 bilhões no mesmo ano (ONU, 2015). Neste sentido, o Brasil é o maior país da América do Sul e possui uma população de aproximadamente 204 milhões de habitantes e, conseqüentemente, elevado consumo de água potável e construção de Estações de Tratamento de Água. (IBGE, 2010).

Para Di Bernardo (2008) a água pode veicular um alto número de doenças e essa transmissão pode ocorrer por distintos mecanismos. O mecanismo mais comum e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual uma pessoa sadia ingere água que contenha componentes nocivos à saúde e a presença desses componentes no organismo humano provoca o aparecimento de doenças.

Portando, uma pessoa necessita de um consumo de 110 litros de água por dia, sendo essa medida supostamente suficiente para um indivíduo saciar a sede, cuidar apropriadamente da higiene e para preparar os alimentos (OMS, 2015), no Brasil, esse consumo per capita de água pode chegar a mais de 200 litros/dia, excedendo bastante a recomendada. A qualidade da água consumida diariamente obedece aos padrões estabelecidos por lei, Portaria GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2021, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017).

3.1 Coagulação

Braga (2014) e Roschild (2018) comentam que a coagulação, é realizada através do processo de adição de coagulantes químicos, com o objetivo de agitar a água causando um choque entre as partículas e o coagulante. Assim, o resultado esperado com este processo é a formação de coágulos. Neste sentido, o processo é ser realizado por auxílio de sistemas hidráulicos ou por sistemas mecânicos, o primeiro é comumente lembrado por ressaltar alta eficiência e baixo custo, entretanto o sistema apresenta dificuldades com grandes instalações.

Richter (2009) comenta que a etapa da coagulação faz parte da maioria dos processos de tratamentos utilizados em todo território brasileiro, abrangendo a aplicação de produ-

tos químicos, visando a adição de composto. Desta forma, o sistema mecânico pode funcionar a partir de movimentos rotativos de um impulsor, que pode ser caracterizado como fluxo gerado axial ou radial: o primeiro apresenta correntes paralelas ao eixo do agitador; enquanto o segundo apresenta correntes perpendiculares ao eixo do agitador.

Braga (2014) e Saron (2000) comentam que junto à agitação do efluente ocorre a adição de coagulantes, pois o mais comum é o sulfato de alumínio, ocasionado em uma reação de hidrólise que desestabiliza as partículas coloidais e quebra forças e a união entre elas, resultando em cátions metálicos e na formação de coágulos. Através deste procedimento ocorre o aumento da turbulência interna e do gradiente de velocidade da mistura por tempo de detenção pré-determinado (RICHTER, 2009).

3.2 Floculação

A floculação, consiste em métodos químicos e físicos empregados para agregação de partículas muito pequenas, com o intuito de formar flóculos que possam ser decantados, pois é uma das fases iniciais do tratamento de água. A água ainda passa por alguns processos até que possa ser consumida. Desta forma, ocasiona a reação química responsável pela retirada de substâncias que formam cor e turbidez na água, através do processo de aglutinação dos coágulos gerados na mistura rápida (RICHTER, 2009).

Kishi (2020) comenta que a mistura lenta é descrita desta forma, objetivando evitar grandes choques entre os coágulos, e possibilitando o agrupamento das demais impurezas em flocos. Neste sentido, esta união de partículas ocorre de duas maneiras, sendo a colisão por energia térmica ou pela colisão ocasionada pelo movimento da água. Além disso, é importante constatar que:

A formação dos flocos ocorre nos floculadores, onde as partículas previamente desestabilizadas (na etapa de coagulação) recebem agitação controlada para que se aumente a probabilidade de ocorrência dos choques. A fenomenologia da floculação baseia-se em dois mecanismos complementares: adesão e transporte. O primeiro está relacionado às cargas superficiais das partículas, que devem ser alteradas durante a coagulação para que os choques sejam efetivos (SANTOS *et al.*, 2004.p. 294).

Neste sentido, o processo é mecanizado de duas formas: mistura hidráulica por chicanas ou mistura mecânica, estes precisam de energia externa de paletas giratórias, pois os movimentos são dissipados pela água e é essencial o manuseio de um tanque subdividido em, no mínimo, três partes separadas evitando a passagem da água diretamente. Já os floculadores hidráulicos por chicanas fazem uso de energia dissipada, ocasionando agitação a partir da passagem da água (KISHI, 2020; SOUSA, 2011).

Portanto, Silva (2012), enfatiza que a floculação objetiva a transformação das pequenas impurezas ou elementos solidificados em flóculos, proporcionando a decantação após a união. Os flocos maiores tendem a ser mais sensíveis nesta etapa, geralmente quando são separados pelo ato de cisalhar, ou seja, corte ou deformação numa superfície, assim é bem provável que essas partículas jamais voltem a se juntar novamente. Sobretudo, as etapas da floculação e coagulação são etapas do processo químico e físico que visa a segregação de partículas pequenas, com intuito de tornar a água apto para o consumo humano.

3.3 Decantação

Para Roschild (2018) “Processo de separação sólido-líquido que tem como força propulsora a ação da gravidade. Para a sedimentação dos flocos formados nos floculadores são utilizadas unidades denominadas decantadores ou sedimentadores, pois a ela consiste no processo de separação das partículas com densidade superior à da água pela força da gravitação, depositando-as no fundo do tanque de decantação. Neste ínterim, os decantadores laminares são os mais importantes e os convencionais de escoamento horizontal (BDTA, 2020; OLIVEIRA et al., 2007). Onde a área deve ser calculada em função da velocidade de sedimentação dos sólidos presentes e da vazão horária.

Desta forma, a água perpassa alguns processos em tanques, visando a separação de flocos de sujeiras. Assim, fisicamente, todas as partículas suspensas em um meio líquido em repouso serão aceleradas por força gravitacional. Desta forma, esse processo ocorre até que a força de resistência viscosa e deformação do líquido sejam equiparadas as resultantes do peso específico da partícula (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

De acordo com Braga (2014), a decantação é um processo realizado com auxílio de procedimentos químicos para a separação de misturas de componentes líquidos e sólidos. Bem como, o decantador é usado para remoção de partículas suspensas, sejam líquidas ou sólidas, sobretudo oriundas de efluentes industriais, ou de água capitada em mananciais que objetivam abastecer grandes cidades. São utilizados na maioria das vezes em estações de tratamento água e efluentes.

3.4 Filtração

A filtração é um dos métodos físicos de separação de misturas, onde o processo acontece quando o efluente atravessa o leito filtrante de modo que as partículas em suspensão ficam impedidas de cair. Assim, o leito filtrante pode ser composto de materiais agregados e de diferentes tamanhos, tais como; carvão, areia, pedras, entre outros (BDTA, 2020). Neste ínterim, é importante destacar que a filtração direta é um tratamento alternativo à estação de tratamento de água de ciclo completo. É um processo no qual se utiliza da coagulação química, porém que não contempla uma unidade específica para sedimentação. Contém ainda, a mistura rápida, que pode ou não contemplar uma unidade específica de floculação e, dependendo da qualidade da água bruta, pode-se utilizar a dupla filtração (filtração ascendente em areia ou em pedregulho seguida da filtração descendente) ou utiliza-se diretamente o filtro descendente. (ALCANTARA, 2010. P. 22)

A velocidade está condicionada ao processo que o efluente percorrerá, podendo ser lento, rápido de fluxo ascendente ou rápido de fluxo descendente. A melhor escolha varia da qualidade do efluente trabalhado (BIOPROJECT, 2020). O fundo falso de um filtro age como retentor do leito filtrante e da camada suporte, impedindo que estes materiais sigam o fluxo do efluente para a etapa seguinte do processo.

De acordo com Cirne (2014), há outro processo chamado filtração lenta, em que ela não apresenta a etapa de coagulação, pois quando é usada a coagulação química, as técnicas utilizadas no processo de tratamento começam a mostrar algumas variantes relacionadas ao processo de filtração convencional. Desta forma, todos os procedimentos que contam com essas etapas para sedimentação dos flocos, são chamados filtração direta.

4. A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA

4.1 Contextualização da reutilização de água residuárias

De acordo com Santos, Estender e Messias (2018), a falta de água é um dos principais impactos causados ao meio ambiente. Portanto, há uma necessidade desafiadora no sentido de convencer a sociedade para a gravidade da temática. A necessidade da redução dos impactos ambientais, atualmente é um debate que vem tomando relevância nas grandes metrópoles, sobretudo os que abordam a temática da importância da água com ênfase no reuso. No entanto, a água que fora reutilizada não é apropriada para o consumo, porém pode ser usada para usos domésticos diversificados, conseqüentemente se mostra como medida protetora e mantenedora do meio ambiente.

Além disso, Bruni (1994), enfatiza que de acordo com o âmbito biológico todos os seres vivos não podem existir sem água, pois o corpo humano é formado por aproximadamente 65% de água. A água é um dos quatro elementos que formam o planeta, ocupando um papel de extrema relevância no subsídio da vida de todos os seres humanos, e biodiversidade existente na terra. A água se torna o único recurso natural que está diretamente relacionado a com todos os aspectos referentes a vida humana. No entanto, por mais relevância que ela tenha para a manutenção de toda forma de vida na Terra, pessoas ainda continuam poluindo nascentes e desperdiçando.

De acordo com Carvalho (2014), diariamente, milhares de pessoas consomem água de forma indevida, e milhares de fábricas consomem enormes quantidades de água, que muitas vezes não são reutilizadas nos processos residências e industriais. Além disso, o uso da água é realizado de maneira ineficiente todos os dias, seja no exagero de atividades básicas como no banho, lavagem de roupas e utensílios ou em irrigação de campos de futebol ou lava-jatos clandestinos. Sobretudo, destaca a importância de profissionais capacitados levando em conta, a complexidade e multidisciplinaridade do tema em questão, pois a implementação de projetos que caminham no sentido da sustentabilidade com ênfase na reutilização dos recursos naturais.

A reutilização da água diminui a demanda sobre os mananciais hídricos devido à troca da água potável por uma água de baixa qualidade. Atualmente, esta prática está sendo muito abordada e colocada em evidência, pois já é usada em distintos países baseando-se no conceito de substituição de mananciais. Assim, a substituição possibilita a função da qualidade desejada para um uso específico. Desta forma, uma quantidade muito grande de água própria para o consumo pode ser poupada pela reutilização de água de baixa qualidade (na maioria das vezes efluentes pós-tratados) visando atender finalidades que podem depender de águas que atendam os padrões de potabilidade. (RAMOS, 2010)

De acordo com Tomaz (2005), existe uma mudança em relação a forma de pensar sobretudo na Europa e na América do Norte. Geralmente, quando se fala de recursos hídricos ou corpos hídricos, automaticamente as pessoas fazem associação com os rios, córregos e lagos, são comumente chamados de águas superficiais. Contudo, a falta desse bem, dotado de valor, tem modificado esse em ponto de vista.

Bem como, é importante ressaltar que o modelo de aproveitamento de água de chuva, aqui considerado, é voltado para microbacias de telhados de áreas residenciais, comerciais e industriais. Países industrializados, como o Japão e a Alemanha, estão seriamente empenhados no aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis. Outros países, como os Estados Unidos, Austrália e Singapura, também estão desenvolvendo pesquisas na área do aproveitamento de água de chuva. Neste sentido, o esquema de aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis, em uma residência que possui água encana-

da. Desta forma, no futuro um sistema dual de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável. O sistema de distribuição de água não potável será destinado principalmente a descargas de bacias sanitárias (TOMAZ, 2010).

O Brasil é um dos países onde existe uma gigantesca oferta de recursos hídricos, contudo, o mau uso e poluições de distintas maneiras comprometem toda essa reserva de recursos. Propiciando o surgimento de problemas diretamente ligados ao aumento de demandas, gestão ineficiente, crescimento demográfico e urbanização desordenada. Neste ínterim, o manuseio de fontes renováveis alternativas e estratégias de uso equilibrado da água em edificações, torna-se uma medida relevante no combate a escassez hídrica e ameniza a demanda. Sobretudo, possibilitando estratégias para o aproveitamento de águas oriundas da chuva, a reutilização de águas cinzas e a instalação de sistemas (ABNT NBR 15527:2007).

Para Reis *et al.* (2010) águas cinzas são águas oriundas de atividades domésticas, como lavar roupa, louças e tomar banho. Por ser oriundas de atividades residenciais possui resíduos orgânicos, produtos utilizados para limpeza e produtos com grandes concentrações tóxicas. Desta forma, existem algumas maneiras de reutilizar o recurso hídrico, são a captação do mesmo em forma de precipitação e/ou reuso de águas cinzas oriundas de casas e cozinhas. Logo, o sistema de funcionamento de reuso de água cinza pode ser definido como todo efluente oriundo de residências com exceção das águas provenientes de esgotos.

Desta forma, toda água captada pode ser reutilizada em atividades domésticas; lavagem de carros, pátios e irrigação de hortas domésticas. Neste sentido, há um projeto tramitando na Câmara dos Deputados, o projeto de lei 2451/20, objetivando a obrigatoriedade para o reuso da água, oriundas de águas da chuva, de estações de tratamento de esgoto ou do tratamento de líquidos das etapas industriais em novas construções de cunho público, casas, estabelecimentos e indústrias (SOUSA, 2020).

Bem como, a medida, que está sendo analisada pela Câmara dos Deputados, visa tornar a reutilização da água uma obrigatoriedade – exceto para o consumo das pessoas – em locais que a lei exija plano diretor, sendo optativo nas demais. Sobretudo, a reutilização de águas cinzas ocorre no reuso, depois do tratamento adequado, das águas cinzas formadas por efluentes oriundos de cisternas, tanques, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas. “A utilização das águas cinzas tratadas para usos com finalidades não potáveis é uma alternativa promissora, e que deve ser desenvolvida e incentivada” (ABNT NBR 15527:2007).

4.2 Aproveitamento de água da chuva

De acordo com Dias (2005), diante da degradação dos recursos hídricos ocasionado por inúmeros fatores, causando a falta de água na maior parte do mundo, o gerenciamento eficiente da água se apresenta como uma medida de suma importância. Assim, o aproveitamento de água pluviais se apresenta com uma medida eficaz. A cada dia que passa o uso da água tem se apresentado de distintas maneiras, tendo em vista que o avanço tecnológico que é um fator determinante no subsídio de novas tendências que objetivam a economia dela.

Faz-se necessário salientar que a captação é realizada antes que a água alcance o solo, visando a não contaminação. Deste modo, as águas captadas servem para distintos usos potáveis ou não, tais como; lavagem de veículos, águas para serem usadas em banhei-

ros, jardins e usos comuns em residências. De acordo com Tomaz (2010) os componentes principais para captação da água da chuva são; áreas de captação, calhas, condutores, perneiras, reservatórios e extravasor (TOMAZ, 2010).

A conservação de água oriundas das chuvas, é uma medida que objetiva a minimizar o constante acesso aos mananciais, sejam eles superficiais ou não. Para conservação dessas águas, existem maneiras convencionais e maneiras não convencionais. O sistema utilizado é o de aproveitamento de água da chuva que visa o consumo não potável. Hoje em dia, esse método é praticado em muitas nações como Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros. No território brasileiro, faz-se o uso deste sistema em algumas cidades da região Nordeste como fonte relevante de abastecimento de água. Um fator determinante para viabilidade do uso de água da chuva é porque através desse método, possibilita que haja uma economia na demanda de água disponibilizadas pelas empresas de saneamento, conseqüentemente a economia dos custos com água potável e reduz risco de enchentes em casos de fortes precipitações. No etapas de captação de água da chuva, são utilizadas áreas impermeáveis, normalmente o telhado (MAY, 2004).

4.3 Águas residuária

O desenvolvimento das cidades de forma desordenada sem um planejamento prévio, tem ocasionado prejuízos sem precedentes para toda sociedade. Uma das principais causas do crescimento urbano desordenado foi o avanço de uma da população industrial e doméstica, gerando condições ambientais impróprias, subsidiando o desenvolvimento de enfermidades, poluições, contaminações de águas subterrâneas, aumento da temperatura entre outros problemas (SÃO PAULO, 2022).

São denominadas águas residuais domésticas ou toda e qualquer água oriundas de indústrias, chuvas, residências coletadas para o sistema de drenagem públicos. Assim, as águas residuais são resultadas do uso de água que fora captada e conseqüentemente tratada visando o abastecimento da população, obedecendo os padrões de potabilidade definidos pela legislação vigente, às pessoas e atividades econômicas destinadas à indústria e comércio. Depois de ser transformada em água residual, a água captada na natureza (subterrânea ou superficial) volta a natureza de forma natural, através da sua disposição final em águas superficiais – doces e costeiras – ou da sua infiltração na superfície, desejavelmente depois de empregado o tratamento adequado. A água captada para abastecimento pode, assim, conter águas residuais, caracterizando uma condição de reutilização indireta, sem qualquer planejamento prévio, ocorrendo frequentemente (MONTE; ALBUQUERQUE, 2010).

Para Monte e Albuquerque (2010) o manuseio de águas tratadas corrobora para subsidiar uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos, ao passo que: preserva recurso hídricos fundamentais para satisfação das necessidades presentes e futuras, objetivando seus usos mais nobres. Sobretudo, ao reduzir o caudal de águas residuais tratadas descarregado nos meios receptores aquáticos, protege os ecossistemas, na medida em que reduz a quantidade de poluentes lançados no meio”. De acordo com o Decreto de Lei nº 236/98, de 01 de agosto, as águas residuárias serão classificadas de três formas diferentes, águas residuais, águas domésticas e águas urbanas (BRASIL, 1998).

5. OS BENEFÍCIOS DO REUSO

De acordo com Muffareg (2003) o reuso da água visando fins não potáveis foi difundindo em todo mundo nas últimas décadas, ocasionado um aumento na dificuldade de atendimento da demanda de água para cidades e algumas localidades do interior, seja pela escassez cada vez maior de fontes hídricas acessíveis e/ou de qualidade que obedeça aos padrões de potabilidade para abastecimento após tratamento convencional. Com auxílio da política do reuso, significantes volumes de água potável são economizados, fazendo uso de água de qualidade inferior, na maioria das vezes, efluentes secundários pós-tratados, visando os atendimentos das que possam prescindir da potabilidade. A reutilização da água a cada dia vem se tornando uma medida relevante para proporcionar o bem-estar da sociedade, pois reutilizar a água a partir de sistemas eficientes, possibilita tanto para fins urbanos-domésticos, quanto para fins de atividades que envolvam agriculturas.

Desta forma, O tratamento das águas residuárias, para fins na agricultura, deverá guardar, no entanto, cuidados quando da remoção de matéria orgânica, patógenos e nutrientes, vez que os primeiros representam segurança na saúde e os últimos representam a base econômica da atividade. No mais, um projeto adequado para este tipo de aplicação, precisa levar em consideração os movimentos da água e dos nutrientes entre a aplicação e a saída da área, evitando a contaminação do solo e das águas, tendo em vista que os mananciais subterrâneos e os corpos d'água superficiais são os receptores finais das águas servidas lançadas sobre o solo (CARACIOLO, 2008).

Para Silva e Santana (2014), com a reciclagem e a reutilização de água residuárias, obtém-se vários benefícios, dentre eles pode-se enfatizar nos benefícios obtidos em melhorias de indicadores, valorização de turismo e redução de doenças. Desta forma, as etapas de serviços de tratamento fundamentais para tornar a água potável, são essenciais para proporcionar benefícios econômicos, sociais e que abrangem toda a sociedade. Os benefícios ambientais possibilitam o alcance de da redução de efluentes lançados em corpos hídricos. Ao passo que as vantagens sociais, visam potencializar oportunidades na cadeia de valor, em consonância com legislação ambiental vigente.

Para Cunha et al. (2010) os recursos hídricos são responsáveis pelos principais indicadores no que tange ao equilíbrio da saúde humana, seja no âmbito doméstico, urbanas e rurais. A ausência de águas que atendam padrões de potabilidade, esgotamento sanitário são fatores que se destacam, pois existe uma necessidade de boas práticas de higiene. Bem como, o investimento em saneamento se mostra como algo de extrema relevância para a manutenção econômica de países, pois o tratamento de esgotos, drenagem de águas da chuva e coleta de resíduos urbanos necessitam de investimentos.

5.1 Uso industrial

Segundo Caxieta (2010), “no Brasil, as externalidades ambientais associadas ao setor industrial e ao rápido crescimento urbano, no contexto do desenvolvimento das regiões metropolitanas, apontam para cenários futuros de escassez”. Assim, há várias fontes responsáveis pela poluição hídrica: seja nos esgotos sem tratamento prévio. A escolha por práticas sustentáveis no âmbito industrial, no que tange ao reuso de água, corrobora para melhorias das águas oriundas de indústrias, diminuindo impactos de cunho ambientais significativos.

Para Paiva (2005) várias tecnologias estão sendo utilizadas na redução do volume de toxicidade em efluentes industriais. Assim, os efluentes sanitários são formados espe-

cialmente por de água oriundas de banho, urina, fezes, restos de comidas, surfactantes e águas de lavagens de utensílios. Onde os efluentes industriais, diferentes, são provenientes de qualquer uso da água para destinação industriais e ganham características próprias em função do processo industrial utilizado.

De acordo com Twardokus (2004), está ocorrendo uma mudança de mentalidade no que diz respeito ao reuso da água na indústria de cunho têxtil. Pois, entende-se que a água não somente serve para a consecução dos processos industriais, sobretudo, cada vez mais está buscando maneiras de reutilizar, os descartes, os banhos, direta ou indiretamente, visando a diminuição dos custos nos processos industriais. Portanto, há diversos fatores a serem considerados no que tange ao reaproveitamento de efluentes em instalações que produzem alimentos para população, exigindo água de qualidade para manutenção do processo industrial, objetivando atender a demanda para reutilizar a água.

Para Nieto (2000) se os efluentes oriundos das indústrias têxteis mostrarem sistemas de tratamento devidamente ajustados e operados, evitará impactos de cunho ambiental significativos. Entretanto, destaca que no processo industrial, algumas alterações (tecnologias renováveis) possibilitando a iniciação, resultando na economia de água e gerando efluentes líquidos menos contaminantes. Desta forma, os efluentes serão submetidos em procedimentos corriqueiros de tratamentos nas instalações terciário. Em alguns casos podem retornar à produção, tendo em vista que algumas empresas o fazem. “o processo produtivo após o efluente ser submetido a acerto de pH, equalização, dosagem de nutrientes, sistema de lodos ativados e um tratamento terciário constituído de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção” (NIETO, 2000).

5.2 Uso doméstico.

De acordo com Cuba et al. (2015), a expansão urbana e o crescimento desordenado e, conseqüentemente o avanço do setor industrial, corroboram efetivamente para degradação do meio ambiente, sobretudo no que tange ao desperdício da água. Tendo em vista, que por longas décadas esse recurso fora considerado como inesgotável, é possível perceber a falta de preocupação na gestão hídrica, contudo, atualmente há diversas maneiras que incentivam, o reuso da água, por meio de medidas planejadas objetivando o uso potável ou não da água.

As práticas sustentáveis em relação ao uso da água, vem ganhando força e notoriedade, pois o reuso de água surge como um instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos, visando à redução da pressão sobre os mananciais de abastecimento, liberando as águas de melhor qualidade para os fins mais nobres, e trazendo uma série de benefícios específicos aos usuários, tais como o aumento de produtividade agrícola, a redução de custos com a compra de água e a preservação dos aquífero subterrâneos. Entretanto, enquanto a prática do reuso se dissemina no Brasil, não há a criação de nenhuma legislação específica visando regular o setor, proteger o meio ambiente e a saúde dos grupos de risco (CAXIETA, 2010. P. 98).

A reutilização de águas domésticas, pode ser entendido como o aproveitamento de uma água já utilizada previamente, visando atender a um uso parecido ao anterior, sobretudo para atender a outras maneiras de uso, o que pode incluir ou não um tratamento prévio e o seu planejamento. O reuso de água ou o uso de águas “residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação” (NEY, 2019).

Freire (2022) comenta que é denominada de água cinza a água usada nos tanquinhos e máquinas de lavar roupa, no banho e nos lavatórios da cozinha ou no banheiro. Essa prática tem por finalidade mitigar perdas, pois a partir do momento que é feito o reaproveitamento dessas águas que a priori seriam destinadas a rede esgotos, consequentemente possibilita economizar dinheiro e tempo. Neste sentido, são gerados muitos benefícios ambientais, propiciando a redução do lançamento de efluentes nos rios e mares, tem possuem um potencial altamente degradador ao meio ambiente, o que possibilita a obtenção água qualidade mais nobre.

Bem como, há um acréscimo da oferta de água para uso em setores de abastecimento público. A partir do momento que há foco e nas práticas sustentáveis de reuso de água. Os benefícios sociais são potencializados e possibilita novas oportunidades de negócios na cadeia produtiva, gerando maiores ofertas, que visam empregos diretos e indiretos e a inclusão de uma visão com ênfase à sustentabilidade, com uma sociedade que respeita às leis de proteção ambiental, modificando seus padrões de consumo exacerbados, típicos do sistema capitalista. (NEY, 2016)

De acordo com Rezende (2016), o fator determinante para o alcance da sustentabilidade dos empreendimentos, fazendo o uso das práticas sustentáveis de reuso de águas, é melhorar os conhecimentos visando a otimização do uso da água, diminuindo a demanda e percepção de risco na proporção que a sociedade aceite a reutilização dos recursos hídricos. Assim, dentre as fontes alternativas disponíveis de águas residuárias, são chamadas águas cinza as que apresentam maior potencial de exploração a partir de edificações unifamiliares, multifamiliares e corporativas. Nestes segmentos há uma grande demanda de água e a necessidade em diminuir o volume de efluentes gerados (OLIVEIRA, 2009).

5.3 Reuso na agricultura.

Segundo Ludwig, Putti e Brito (2012), a busca contínua por alimentos, ocasionada pelo crescimento populacional desenfreado somados ao avanço industrial, são atividades que demandam uma enorme quantidade de água. Desta forma, visando o suprir essa necessidade para que haja compatibilidade entre suprir a demanda de alimentos e atender os padrões estabelecidos pela legislação ambiental vigente se apresenta como ações de extrema necessidade. A reutilização da água em atividades agrícolas se torna uma estratégia bastante eficaz para preservação dos recursos hídricos, visando a diminuição do uso indiscriminado dos recursos naturais.

Para Silva (2018) o aproveitamento de efluentes em áreas agrícolas, no que tange a aplicação de técnicas que envolvem águas residuárias, pode permitir a reutilização direta de nutrientes, melhorando o rendimento de culturas, diminuir a carga orgânica lançada nos corpos hídricos, e contribuir para redução no uso de fertilizantes químicos. As atividades agrícolas correspondem a práticas econômicas que consiste no uso dos solos, visando cultivar vegetais, para subsídio das pessoas. Tendo em vista que essa atividade depende de uma grande quantidade de água.

Neste sentido, Barros et al. (2015) enfatiza que a prática de reuso das águas residuárias é muito antiga, havendo relatos de sua importância na Grécia Antiga no que tange a irrigação, porém, o aumento demanda por água tem tornado essa pratica uma temática atual, e de muita relevância para a sociedade em todos os seus setores. Logo, a reutilização deve estar relacionada a uma atividade de proporções mundiais como o uso racional e eficiente da água, gerindo perdas e os desperdícios, bem como reduzindo a produção de resíduos e do consumo de água.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou entender o contexto no âmbito das tecnologias usadas na reutilização da água, destacando a necessidade de reutilizar a água, a partir do crescimento populacional e do aumento na necessidade de água para abastecimento da sociedade urbana, agricultura de maior escala para alimentar a crescente população, criação de mais indústrias que consomem mais água.

Observou-se no segundo capítulo que algumas ressalvas devem ser feitas ao se utilizarem essa água. Algumas doenças veiculadas pela água podem contaminar usuários das águas residuárias. Em se tratando de legislação em relação ao reuso mais estudos devem ser feitos para se determinar padrões de qualidade e usos corretos. O planejamento, a implantação e a operação corretos de reuso trazem uma série de melhorias, como diminuição da poluição ao meio ambiente e outros benefícios dispostos no estudo em questão.

Entendeu-se no terceiro capítulo que o reuso em empreendimentos comerciais e residenciais, privilegia-se o reuso da água cinza, que é coletada em tubulações separadas das demais, que levam a água para o ponto onde fica instalado o sistema de tratamento. Tendo em vista os altos preços da água potável e, substituindo-se por água de reuso, os volumes de água geralmente usados em todos os fins em que a potabilidade não é necessária reduz-se o volume de consumo de água comprado das concessionárias de águas e esgotos e, garante-se ao empreendedor/usuário, uma enorme economia financeira pela reutilização.

Dessa forma entende-se a grande vantagem da utilização da água de reuso é a de preservar a água potável exclusivamente para atender as necessidades de que exigem a sua potabilidade, como para o abastecimento humano, entre outras vantagens estão a redução do volume de esgotos descartado e a redução dos custos. É através do desenvolvimento da relação existente entre poder público e sociedade que em alguns locais algumas medidas já estão sendo feitas, efetivamente, para que a água não falte aos seres humanos. No entanto, muito mais do que ter esse cuidado é saber economizar em todas as tarefas diárias, pois somente dessa forma se pode evitar um processo de estiagem que prejudicará a todos.

Conclui-se, portanto, que os impactos ambientais causados por desperdício da água, necessitam de maior atenção por conta do uso excessivo dos recursos naturais. A conscientização humana é uma das principais ferramentas a serem utilizadas para minimizarem o impacto ambiental. Portanto todos podem contribuir para a preservação do meio ambiente, bem como aproveitar para economizar reutilizando a água que, muitas vezes, é desperdiçada no dia a dia doméstico e corporativo. A prática é simples, porém precisa ser incorporada na rotina através de medidas que objetivam a conscientização de todas as pessoas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 15527: Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis-Requisitos**. 2007. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.527-Aproveitamento-%C3%A1gua-da-chuva.pdf> Acesso em: 24 de outubro de 2022.

BACCI, Denise de la Corte. PATACA, Ermelinda Coutinho. **Educação para a água. Estudos Avançados**. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/4Cz7B6yQGGfV73Ngy6g848w/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em outubro de 2022

BARROS, H. M. M., Veriato, M. K. L., Souza, L. P., Chicó, L. R. & Barosi, K. X. L. 2015. **Reuso de Água na Agricul-**



tura. Revista Verde, 10(5), 11-16.

BRASIL. Decreto-lei 236/98, de 1 de agosto. Ministério do Meio Ambiente. Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01. Disponível em: <https://dre.tretas.org/pdfs/1998/08/01/plain-94857.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2022.

BRASIL. Diário Oficial da União. **Portaria GM/MS Nº 888**, de 4 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BDTA - Biblioteca Didática de Tecnologias Ambientais. Filtração. Unicamp, 2020. Disponível em: Acesso em: Abril, 2020;

BRAGA, Fernando Pinto. **Avaliação De Desempenho De Uma Estação De Tratamento De Água Do Município De Juiz De Fora** - Mg. UFJF, 2014. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TFC-Fernando-Pinto-Braga-2014.pdf>. Acesso em: Set, 2022.

BRUNI, J.C. **Água para vida**. São Paulo. 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ta/a/KjkwytLhvpf5BJsRy-DTFDrb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: outubro de 22

CAIXETA, C. E. T. **Avaliação do atual potencial de reúso de água no estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/16505>. Acesso em: 21 de outubro de 2022.

CARVALHO, N, L. et al. **Reutilização de águas residuárias**. Rio Grande do Sul. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/12585/pdf>. Acesso em: outubro de 22.

CARACIOLO, P. M. M. **A prática do reúso de águas: possibilidades de estímulo pela Política Nacional de Recursos Hídricos e de Instrumento adicional de gestão**. Recife, 2008. Disponível em: https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/3193/1/arquivo2139_1.pdf. Acesso em: 19 de outubro de 22.

CIRNE, José Raniery Rodrigues. **Influência da granulometria e taxas de filtração no tratamento de água utilizando dupla filtração**. Dissertação apresentada ao Programa de Pósgraduação, em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/19601>. Acesso em: 01 de novembro de 22.

CUBA, Renata da Silva. et al. **Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface**. Revista Ambiental Água. Vol. 10. Taubaté. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/WZJppVKzFyZT7gmFj7wWyny/abstract/?lang=pt>; Acesso em: 09 de novembro de 22

DIAS, I. C. S. **Estudos da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para obtenção do grau de Mestre. 2007. Paraíba. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/5570/1/arquivototal.pdf>

DI BERNARDO, Luiz; LYDA, Patricia. **Seleção de Tecnologia de Tratamento de Água** - São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008

KISHI, Regina Tiemy. **Floculação - Mistura Lenta**. Departamento de Hidráulica e Saneamento–DHS. 2020. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~rtkishi.dhs/TH028/TH028_10_7_Tratamento_Filtracao.pdf>. Acesso em: outubro 2022;

LUDWING, Rafael. PUTTI, Fernando Ferrari. Ramilos Rodrigues. **Revisão sistemática sobre o uso de efluentes na agricultura**. VIII Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, n. 6, 2012, p. 167-176. São Paulo. 2012. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/313/314. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, University of São Paulo, São Paulo, 2004. doi:10.11606/D.3.2004.tde-02082004-122332. Acesso em: 2022-10-24

MONTE, H. M; ALBUQUERQUE A. **Reutilização de águas residuais**. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2010. Disponível em: https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1144/1/Guia_Tecnico_Reutilizacao-1.pdf. Acesso em: outubro de 22.

MUFFAREG, M. R. **“Análise e discussão dos conceitos e legislação sobre reúso de águas residuárias”**. Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 2003. Disponível em: <https://teses.icict.fiocruz.br/pdf/muffaregmmr.pdf>. Acesso em: 19 de outubro de 22.

NEY, O. F. **O REÚSO DE ÁGUA E O SEU CONTEXTO NA GESTÃO ADMINISTRATIVA DOS RECURSOS HÍDRICOS NAS AGROINDÚSTRIAS DO MUNICÍPIO DE SOUSA/PB.** Pombal. 2019. Disponível: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/9791/3/OSMANDO%20FORMIGA%20NEY%20-%20ARTIGO%20PPGSA%20PROFISSIONAL%202019.pdf>. Acesso em: 22 de outubro de 22

NIETO, R., **Tratamento de Efluentes na Indústria Têxtil**, Revista Gerenciamento Ambiental, nº10, ano 2, junho/agosto de 2000.

OLIVEIRA, A. C. **Estudo de reabilitação de poço tubular profundo pertencente ao sistema de abastecimento da cidade de fernandópolis.** 2009. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009

RAMOS G.P. **O reaproveitamento de água em empresas de ônibus.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Cândido Mendes, Niterói, 2010. Disponível em: http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/n203740.pdf. Acesso em: outubro de 2022.

REIS, G. *et al.* **Projeto de reutilização de águas cinzas prediais como medida de sustentabilidade.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 3, 14 fev. 2020. Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/16956/seer_16956.pdf Acesso em: outubro de 22

REZENDE, A. T. **Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil.** 2016. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Ambiental e Sanitarista, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016

ROSCHILD, Caroline Voser Pereira. **Tratamento de Água.** UFPEL, 2018. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2018/11/Aula-7-Tratamento-de-%C3%A1gua-Caroline-Voser.pdf>. Acesso em: outubro. 2022

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** São Paulo, Edgard Blucher, 2009;

SÃO PAULO, **Águas Interiores** – 2022 Cetesb - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/>

SANTOS, Osmildo Sobral; ESTENDER, Antonio Carlos; MESSIAS, José Flávio; **O desperdício e a reutilização da água.** Disponível em: https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais_Sem_Int_Etn_Racial/article/view/476/591. Acesso em: 05 de novembro de 22.

SILVA, M. A; SANTANA, C. G. **REUSO DE ÁGUA: possibilidades de redução do desperdício nas atividades domésticas.** 2014. Disponível em: <https://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/05/REUSO-DE-%C3%81GUA-possibilidades-de-redu%C3%A7%C3%A3o-do-desperd%C3%ADcio-nas-atividades-dom%C3%A9sticas.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 22.

SILVA, T. L. **QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA REUSO NA AGRICULTURAIRRIGADA.** Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista(UNESP), Botucatu, SP, CEP 18610-307, Botucatu, SP, Brasil. 2018. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3545/2345>. Acesso em: 19 de outubro de 22.

SOUSA, Gustavo Bauermann. **Sistema Computacional de Pré-dimensionamento das Unidades de Tratamento de Água: Floculador, Decantador e Filtro.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34528/000789752.pdf?sequen> Acesso em: outubro. 2022

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** 2010. Disponível em: https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true. Acesso em: outubro de 22.

TWARDOKUS, R. G. **Reuso de água no processo de tingimento da indústria têxtil.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Florianópolis. 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88051/212455.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 15 de outubro de 22.

VERAS, Luciana Rodrigues Valadares. BERNARDO, Luiz Di. **Tratamento de água de abastecimento por meio da tecnologia de filtração em múltiplas etapas- FIME.** São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/RtTSgwpcT55VMzQ8WYrkwWM/abstract/?lang=pt>. Acesso em 29 de novembro de 2022

2

SANEAMENTO AMBIENTAL: ESSENCIALIDADE PARA PROTEÇÃO DO MEIO AMBIENTE

*ENVIRONMENTAL SANITATION: ESSENTIALITY FOR
ENVIRONMENTAL PROTECTION*

Adrielle Medeiros Diniz

Resumo

Tendo em vista que o saneamento básico é fundamental para desenvolvimento do meio ambiente e promoção da saúde pública, pesquisa-se sobre a essencialidade do saneamento para a proteção do meio ambiente, a fim de apresentar a ineficaz prestação do serviço e como consequência a degradação ambiental. Para tanto, é necessário ter consciência da utilidade do saneamento e sua relevância para conservação do meio ambiente, no qual o precário ou escasso fornecimento gera fortes impactos no meio e com desenvolvimento no saneamento básico geram vantagens para a atual e futuras gerações promovendo a sustentabilidade. Realiza-se, então, uma pesquisa de revisão bibliográfica que objetivou enfatizar a importância do saneamento e o precário investimento, considerando a universalização do acesso. Diante disso, percebe-se que o homem sofre por falta do acesso ao saneamento e assim degrada o meio por falta de educação ambiental, o poder público não investe na estruturação do saneamento em periferias indo contra a universalização do saneamento, a sustentabilidade só tem como ser alcançada quando a sociedade e o poder público trabalham em concordância, afirmando que o saneamento ambiental é um forte instrumento para sustentabilidade, mas ainda é desconsiderado pelo homem.

Palavras-chave: Saneamento básico, Meio Ambiente, Sustentabilidade.

Abstract

Considering that sanitation is fundamental for the environmental development and the public health, researches on how essential the protection of sanitation is for the environment are made in order to present the ineffectiveness of the provision of services and as a consequence the environmental degradation. Therefore it is necessary to be aware about the usefulness of the sanitation and its relevancy for the environment, with the precarious or scarce supply generates strong impacts on the environment and the development of environment sanitation brings advantages to the current and future generation, promoting the sustainability. A bibliographic review research is carried out with the aim to emphasize the importance of basic sanitation and the precarious investment, considering the universalization of access. Thereat it is perceived that the man suffers because of absence access to basic sanitation and thus degrades the environment due to lack of environmental education, the public power does not invest in the structuring of sanitation in the peripheries, going against the universalization of sanitation. The sustainability only can be reached when everybody work together: the society and public power. The realization that environmental sanitation is a strong instrument for sustainability is still evaluated by man.

Keywords: Environmental sanitation, Environment, Sustainability



1. INTRODUÇÃO

O Saneamento Básico é uma peça fundamental para o desenvolvimento sustentável, este pode ser entendido como o conjunto que atende o homem em questões sociais e ambientais, prevenindo problemas de saúde pública e promovendo a conservação ambiental, o que revela o consumo racional dos recursos naturais possibilitando o uso para as futuras gerações (GUIDI, 2017).

A Lei de Saneamento 11.445/07, representa um avanço no que se refere ao acesso a água potável, tratamento de esgoto, o devido manejo dos resíduos sólidos além de drenagem urbana. A lei que garante a universalização do saneamento permite todo cidadão ter acesso a estes serviços. No entanto, é perceptível que a referida norma carece de eficácia no mundo real, representando claramente desigualdade no acesso bem como prestação precária dos serviços supramencionados.

O debate acerca da gestão do saneamento ambiental e proteção do meio ambiente é um fator de extremo interesse humano e socioeconômico que resulta na promoção da sustentabilidade. Leva em consideração a relação do homem e natureza, primordial para equilíbrio ecológico, buscando concretização dos ideais de sustentabilidade, aliado a necessidade de investimentos pelo poder público com fito de tornar viável o acesso ao serviço e a preservação do meio ambiente com a implantação do saneamento ambiental universal.

O meio ambiente ecologicamente equilibrado é um direito da coletividade, porém é de conhecimento público e notório que uma boa parcela da sociedade não possui acesso ao saneamento básico, o que acaba por dificultar a universalização do acesso ao saneamento básico preconizado pela lei 11.445/07. Dessa forma, como enfrentar os problemas decorrentes do escasso investimento no desenvolvimento de saneamento básico, como óbice para efetivação do saneamento ambiental, o qual atenda às necessidades do homem e os ideais de sustentabilidade?

A presente pesquisa, teve-se como objetivo geral apresentar a ineficaz prestação de serviço de saneamento básico e seus impactos na concretização do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. No qual os objetivos específicos ou secundários teve como finalidade estudar o saneamento ambiental e sua finalidade para a conservação do meio ambiente; abordar o precário fornecimento do saneamento básico e as consequências negativas ao meio ambiente; ressaltar vantagens do desenvolvimento no saneamento para alcance da sustentabilidade e saúde pública.

2. METODOLOGIA

A partir de uma metodologia de caráter descritivo e exploratório, reuniu-se dados relevantes e reais para conhecimento do saneamento ambiental, como estrutura de proteção ao meio ambiente. Como pesquisa de revisão bibliográfica, utilizou-se trabalhos publicados nos últimos dezoito anos, que foram revisados em documentos como: livros, artigos acadêmicos, leis e políticas públicas relacionadas ao saneamento ambiental e órgãos reguladores.

3. A RELEVÂNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO PARA CONSERVAÇÃO DO MEIO

O homem busca sobrevivência, desenvolvimento e tecnologia avançada, explorando recursos naturais e essa ação se torna cada vez mais visível e cresce consideravelmente a cada ano. Na sequência observou-se a necessidade da preservação do meio ambiente adotando medidas consideradas sustentáveis, com isso o saneamento foi criado como um conjunto de práticas que promovem um ambiente saudável para sobrevivência humana atual e futuras gerações (BITTENCOURT, 2014).

De acordo com Oliveira e Carvalho (2010, p. 19) o saneamento “é a ciência e a arte de promover, proteger e recuperar a saúde por meio de medidas de alcance coletivo e de motivação da população”. O que pode ser considerado um problema para o meio ambiente ou a saúde do homem deve ser dominado, e o saneamento é a ciência que pode ser utilizada como equilíbrio homem e ambiente.

Toda ação do homem gera uma consequência, um dano ao meio que podem ser irreversíveis, o uso racional dos recursos naturais é um bom caminho para manter práticas sustentáveis, ações que venham permitir o desenvolvimento do país sem degradar o meio ambiente de forma irreversível, pois é evidente o valor do avanço da economia (ROSS, 2012).

Quando surgiu a procura pela preservação acreditou-se que era impossível preservar e crescer economicamente, esse pensamento foi evoluído, e hoje entende-se que a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico são assuntos que devem caminhar juntos, pois é natural o homem buscar na natureza desenvolvimento econômico com a utilização dos recursos naturais (TOMERELI, CAMPOS E MORETE 2013).

Como explica Fiorillo (2021, p.28), a sustentabilidade tem a responsabilidade de equilibrar homem e natureza, gerando um uso consciente, preservando para atual e futura geração, focando em desenvolvimento e preservação, pois qualquer e toda evolução não é válida, se o meio onde se vive é precário, sendo impossível uma boa qualidade de vida.

O saneamento é indispensável para saúde humana e meio ambiente, além de propiciar o desenvolvimento do país. O investimento no saneamento básico, no caso, tratamento dos efluentes líquidos e resíduos sólidos, formam um conjunto com resultados positivos, como a proteção do meio ambiente e da saúde pública, além disso, as ações do saneamento básico são simplesmente a implementação da sustentabilidade (CRISPIM et al., 2013).

Segundo Carvalho e Adolfo (2012), se a população tem acesso aos serviços mínimos de higiene como água potável, diversos problemas relacionados a saúde e altos custos para resolver problemas de precariedade públicas seria evitado. Os hospitais não gastariam com problemas envolvendo problemas sanitários.

A falta ou escassez do saneamento é um impacto na educação, saúde e ambiente. Logo, observa-se que ao atingir um desses pilares, causa problemas mútuos ao social, econômico e ambiental. Em vista disso, planos de ação envolvendo os serviços básico de saneamento, levariam em consideração de forma voluntária a preservação do meio ambiente e conseqüentemente promoveriam a saúde pública, além do setor econômico ter estabilidade em gastos públicos (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Ribeiro e Rooke (2010) a funcionalidade do saneamento vai de acordo com a evolução do homem em questões ambientais, uma forma de evoluir é quando se tem acesso a informações e é sensibilizado, ou seja, educação ambiental sobre o efeito positivo do saneamento básico.

Sendo assim, Leonei, Prado e Oliveira (2011), levantam a questão sobre a necessidade

de oportunidades iguais para a universalização do saneamento básico, levantando questões ambientais sobre conservação e preservação, saúde pública e a importância de investimento no saneamento independente da distribuição de renda da população, evitando desperdícios, e mantendo responsabilidade ambiental e social.

Para Crispim et al. (2013) o crescimento urbano desordenado aumentou a geração de resíduos sólidos, que não tem o descarte correto, por falta de políticas públicas e educação ambiental. Todos esses fatores vão atingindo o limite ambiental, que faz chegar o momento em que a natureza não consegue se reestabelecer, e acaba degradando.

A poluição urbana é um outro fator determinante da falta de saneamento, que interfere na qualidade de vida do homem e de um ambiente ecologicamente equilibrado. A falta de aterros sanitários que contém a estrutura para tratamento dos gases provindos do lixo, prejudica a passagem das chuvas, fazendo surgir as enchentes (BOVOLATO, 2010).

Uma das principais consequências por falta de saneamento é a poluição dos recursos hídricos, a falta de coleta do lixo doméstico, ou seja, o incorreto descarte do lixo, leva o homem a jogar frequentemente nos rios sem qualquer tratamento, se tornando o principal contribuinte para poluição das bacias hidrográficas brasileiras (GARCIA; FERREIRA, 2017).

Para Borja (2014), a visão antropogênica abre espaço para o socioambiental, onde o homem se preocupa não somente com objeções sanitárias, mas também ambientais, com isso o saneamento ambiental ganhou mais força e preocupação para formação de planos de intervenção para devida instalação, focando no acesso democrático e universal.

A salubridade ambiental, trabalha com a prevenção de doenças levando em consideração a importância de um ambiente saudável para supervivência do homem, adotando condições apropriadas para o homem desfrutar de saúde tanto nas populações urbanas como rurais, mas o saneamento básico ainda não é apropriado e possui uma distribuição precária causando impactos negativos no meio e como seqüela na saúde da população (TOMERELI, CAMPOS E MORETE, 2013).

De acordo com Oliveira et al. (2015) uma característica da escassez de saneamento é vista na desigualdade social. As habitações em áreas irregulares, sendo a população caracterizada como baixa renda ou de extrema pobreza, usufruem de um ambiente sem equilíbrio social e ambiental, com esgotos a céu aberto e lixos em locais inapropriados, uma situação de degradação ambiental e uso irracional dos solos.

A diferença na distribuição de renda interfere no avanço do saneamento, pois cidades urbanas onde a população é de baixa renda não possui a disponibilidade do serviço, resolvem o problema com atitudes improvisadas, como lixo em rios ou a céu aberto, devido a falta do serviço básico para tratamento de resíduos sólidos e a falta de conhecimento da população causam problemas ambientais seríssimos (JACOBI, 2004, p. 172).

Os serviços básicos de saneamento trabalham em conjunto para atender a população quanto ao: tratamento de esgoto, drenagem urbana, coleta de resíduos sólidos e distribuição de água potável. Caso esses serviços não sejam colocados em prática ocorre a degradação ambiental e conseqüentemente afetam de forma direta a vida do homem (VALERIA, 2013).

Borja (2014), debater sobre saneamento elevando a questão ambiental só é possível se levar em consideração a saúde pública, todo o movimento para preservação do meio ambiente é para possibilitar a continuidade de exploração do homem, uma troca de uso e preservação, onde a população e o Estado possuem papéis diferenciados e muito importantes.

Segundo Santana e Sousa (2016, p.160), o saneamento se tornou infraestrutura urbana, onde as periferias não são inclusas, permanecendo a falta ou carência, como se uma parte do meio ambiente pudesse improvisar os devidos tratamentos dos resíduos gerados, ou seja, como se a periferia não tivesse o direito ao saneamento ambiental, ficando exposto ao meio ambiente degradado.

Considera-se que parte de doenças relacionadas a falta de higiene podem estar relacionadas a falta de tratamento da água ou a exposição de lixo que é manejado de forma inadequada. Logo, o saneamento possui o planejamento socioambiental e econômico adequado para promoção da saúde e cuidados ambientais ao homem (MORAES, 2003).

Deste modo, a relação dos aspectos ambientais e sociais estão assegurados pela lei, com direito a um ambiente sadio e equilibrado, pois, o meio degradado não constitui qualidade ambiental, sendo assim, o saneamento básico trata de serviços relevantes para desenvolvimento do país (VAZ, 2017).

De acordo com Valéria (2013) a preocupação com o saneamento básico é relevante assim como a instalação do serviço, visto que toda ação gera um tipo de impacto sobre o meio, é importante um planejamento revisado e elaborado da forma menos grosseira. Diante desse cenário, pode-se citar o sistema urbano com devido tratamento dos resíduos líquidos e sólidos, o tratamento de esgoto com a correta destinação, do mesmo modo os resíduos sólidos.

Nesse contexto o saneamento básico é um princípio para promoção da sustentabilidade, uma vez que é subestimado a sua implantação ou escasso a uma parte da população, causa danos extremos ao ambiente referente a resíduos líquidos e sólidos além de comprometer a saúde da sociedade população (TOMERELI, CAMPOS E MORETE, 2013). Considerando as necessidades do homem e a preservação do meio ambiente o conjunto que compõe o saneamento é de muito apreço para progresso sociedade e ambiente.

Na Constituição Federal, assegura no artigo 5º que “todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza” e o Art. 225º complementa: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo” (BRASIL, 1988).

As alterações ambientais se tornam um problema não só para o meio ambiente, mas para a saúde do homem, exigem atenção devido o carecimento de um ambiente ecologicamente equilibrado. Não é possível se falar da sustentabilidade sem citar a quem é destinado a preservação dos recursos naturais, a atual e futuras gerações. Segundo Boeing (2013, p.111) “uma visão sistêmica, em que o holismo permeie a intrincada rede que converge à inter-relação saneamento ambiental e saúde pública”.

Um dos objetivos do saneamento é a promoção da sustentabilidade com objetivos como: a coleta e transporte de dejetos de qualquer ordem realizado de forma adequada e planejada; tratamento do esgoto, evitando contaminação do solo; cuidados para manter a passagem da chuva estável com instalações de drenagens urbana. São ações que se atentam ao meio ambiente e ainda evitam danos à saúde pública, carecendo ser reconhecido como relevante pela população e órgãos públicos (CRISPIM et al., 2013).

4. SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE

A Lei nº 11.445/2007 -, trata da universalização do saneamento básico e sua devida efetividade, mas na prática a escassez do serviço é nítida, o mesmo não é ofertado a grande

parte da população. No qual a universalização do saneamento básico com sua devida execução abortaria danos ambientais e conseqüentemente consideraria a efetividade do direito à saúde (LAHOZ; DUARTE, 2015).

Considerando os objetivos do saneamento básico, a Lei nº 11.445/2007, esclarece que ele compreende o tratamento da água potável, esgotamento sanitário e a correta destinação dos resíduos sólidos. Na visão geral a lei aborda o tratamento da água a partir da sua captação, a distribuição e a consumação final, o qual envolve o tratamento do esgoto doméstico evitando a reprodução de doenças e o lançamento de lixo nos corpos hídricos evitando grandes impactos ambientais (LAHOZ; DUARTE, 2015).

A Lei de saneamento propõe muito além do básico, visa uma questão pública ambientalista, ela acolhe as questões do meio como necessárias na legislação para se manter equilíbrio de saúde e meio ambiente. Ditando sobre cidades sustentáveis, saneamento ambiental, e, portanto, ações de sustentabilidade para presentes e futuras gerações (SILVA, 2016).

De acordo com Freire (2020), o saneamento básico é uma questão pública, quando houver necessidades da administração do serviço, representatividade e devida execução serão voltados aos setores públicos. Sendo assim, o setor público tem a obrigatoriedade de atender a população com o seu déficit e a mesma precisa cumprir seu papel de bom cidadão, mas isso jamais será possível se as demandas de saneamento não forem atendidas pelo governo de forma universal.

A grande questão que envolve o problema é a falta do investimento, do progresso na administração, da União considerar o acesso ao serviço a todos independentemente da situação econômica. Logo, o setor de saneamento pode ser um espelho para desenvolvimento do país, visto que os resultados poderão ir além de efetivo direito fundamental a saúde, mas também desenvolvimento ambiental, pois o saneamento básico possui instrumentos o qual trata de um dos bens mais preciosos para o homem, a água (VIEGAS, 2005).

O saneamento básico é assegurado pela Constituição Federal (1988), visando a implementação como prioridade para desenvolvimento do país, cabendo a União o dever de “instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano, inclusive habitação, saneamento básico e transportes urbanos” (BRASIL, 1998).

Perante a necessidade de um ambiente ecologicamente equilibrado cabe salientar que o saneamento básico possui um papel relevante como conceito de saúde e estabilidade ambiental, com os seus instrumentos práticos, insere a sustentabilidade na vida do homem, com uso dos recursos naturais como a água, essencial para sobrevivência do ser humano (FIORILLO, 2008).

4.1 Poluição dos recursos hídricos

A água como recurso natural é utilizada de forma inadequada, quando por exemplo: ocorre a escassez da água pelo fato da poluição, contaminação e mau uso pela parte da população por vezes pela falta de conhecimento ou educação ambiental (DO CARMO, 2014).

Como explica Mello e Olivo (2016), os avanços dos recursos tecnológicos e a grande demanda por novidades além do crescimento demográfico exige da vida natural o progresso o mais rápido possível, mesmo que tenha que explorar e poluir, que seja ao menos oferecido recursos para a natureza se restabelecer como no caso da gestão de recursos hídricos que implica e estar envolvida no plano de saneamento de forma que abrange a captação, abastecimento e tratamento.

Para Crispim et al. (2013) o crescimento urbano desordenado aumentou a geração de resíduos sólidos, que não tem o descarte correto, e conseqüentemente a poluição das bacias hidrográficas brasileiras por falta de políticas públicas e educação ambiental. Todos esses fatores vão atingindo o limite ambiental, que faz chegar o momento em que a natureza não consegue se reestabelecer, e acaba degradando.

A PNSB (2007) fala que o saneamento básico integra o abastecimento de água potável, com infraestrutura e instalações importantes para abastecer a população e tudo começa com a captação da água, até chegar na residência do homem, logo refere-se ao tratamento do uso e reaproveitamento.

Como aponta Caetano (2016) o Brasil pode ser considerado o país com maior quantidade e disponibilidade de água, mas infelizmente possui uma distribuição irregular. Com o crescimento urbano a demanda pelos recursos hídricos é bem maior, onde a degradação ambiental já pode ser notada de modo conseqüente como na qualidade da água.

O estado do Brasil é visto como um país precário em projetos de saneamento que implica em distribuição da água potável e seu devido tratamento. Por mais que o país seja rico em recursos hídricos existe precária gestão das águas, conseqüentemente cresce o número de doenças ocasionadas por água contaminada e degradação dos cursos d'água (MELLO et al., 2020).

O estudo da bacia hidrográfica inserido no saneamento agrega valores ambientais no sentido de médio e longo prazo, pois se torna projetos que vai do abastecimento até o tratamento da água contraditando a poluição de rios, mares e solo. Possibilita o melhor proveito da água, evitando contaminação e desperdícios e forjando sustentabilidade além de acolher o social e econômico (CAETANO, 2016).

Segundo Freire (2020), a água chega as residências e é utilizada pelo homem em atividades diárias e após o uso tem suas características alteradas, então é gerado o esgoto, que deve receber seu devido tratamento para evitar problemas ambientais. Com o saneamento básico, acontece a processo adequado, mas com a falta de investimento é precário o abastecimento e o tratamento da água.

Para Hora et al. (2015), o gerenciamento do saneamento e dos recursos hídricos caminham juntos, um depende do outro para atuação da sustentabilidade, onde deve-se conciliar: água, drenagem e tratamento de esgoto. Nesse caso, colocar em prática as leis de saneamento em territórios tanto urbano como rural, resultará no mínimo em proteção das bacias hidrográficas.

Um dos maiores problemas ambientais é a falta do saneamento básico ou a prestação do serviço de forma universal, levando em consideração essa situação e a carência da educação ambiental na vida do homem, o mesmo é impulsionado a atender suas necessidades poluindo seu próprio meio (VIEIRA, 2013).

4.2 A realidade do saneamento de forma simplificada

A falta do saneamento básico é um dos grandes motivos para degradação ambiental. Além de submeter o homem a situações de muita poluição, contaminação, doenças, por problemas como falta de água potável e planejamento para coleta e transporte de dejetos e lixos, gera perdas significantes ao meio ambiente (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Nesse sentido, a ausência de cidades estruturadas, com habitações em áreas irregulares, esquecidas muitas vezes por autoridades públicas, devido principalmente por seu

crescimento acelerado, leva-se em consideração que as desigualdades sociais são um dos fatores que restringem o acesso ao saneamento (CARVALHO, 2012).

De acordo com Madeira (2010), governantes ao realizarem planos de infraestruturas urbanas para melhorias, escolhem investir em locais onde se localizam imóveis mais valorizados. Isso gera uma consequência aos mais pobres, pois ficam sem condições de se manter com pagamentos de aluguéis por exemplo, ou sejam movidos a vender seus próprios imóveis, se deslocando para as periferias desprovidas de saneamento ambiental.

Segundo Tomé (2017), a população muitas vezes é impedida de continuar com suas rotinas diárias, e se torna um problema muito maior acarretando custos na sociedade, isso devido a falta de saneamento, as pessoas ficam com problemas de saúde e acabam perdendo horas de trabalho, custos para empresa, além das pessoas sofrerem com a saúde debilitada.

Para que o projeto de saneamento seja verdadeiro é preciso garantir a sua universalização sem discriminação do grau econômico ou região, deve ser algo seguro sem interrupções que podem causar abandono a algumas partes da população, promovendo assim, a saúde pública e conseqüentemente garantindo um ambiente ecologicamente equilibrado.

Observa-se que a promoção do saneamento garante direito ao homem de viver nas melhores condições ambientais, pois com o meio sem degradação, mantendo oportuno todo tipo de cuidados e conservação, promove saúde pública e vai se tornando objeto de satisfação ambiental, promovendo a sustentabilidade (VIEGAS, 2005).

Segundo Carvalho e Adolfo (2012), se a população tem acesso aos serviços mínimos de higiene como água potável, diversos problemas relacionados a saúde e altos custos para resolver problemas de precariedade públicas seria evitado. A saúde pública seria promovida evitando grandes lotações em hospitais por questões sanitárias, justamente pela valorização do meio ambiente.

Na Constituição do Federal, assegura no artigo 5º que “todos são iguais perante a lei, sem distinção de qualquer natureza” e pode ser enfatizado no Art. 225º que complementa: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo” (BRASIL, 1988).

Deste modo, a relação dos aspectos ambientais e sociais estão ligados, assegurado pela lei, com direito a um ambiente sadio e equilibrado, pois, o meio degradado não constitui qualidade ambiental, sendo assim, o saneamento ambiental trata de serviços relevantes para desenvolvimento do país (VAZ, 2017).

Segundo a Constituição em seu Art. 23º, “é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios” (BRASIL, 1988), diante disso, proteger o meio ambiente e proporcionar melhorias nas condições de saneamento básico são serviços que já deveriam ser expressos a população de direito não somente como obra de infraestrutura, mas como preservação do meio e da saúde.

Em vista disso o saneamento básico é direito da população, e é responsabilidade do poder público promover a universalização e colocar em prática o que assegura a Constituição, possibilitando um ambiente equilibrado para o sadio desenvolvimento da sociedade (VAZ, 2017).

Em favor do meio ambiente, o saneamento básico possibilita um conjunto de ações básicas que validam a preservação e conservação do meio, assim garantindo o uso para

futuras gerações, assunto de extrema relevância pois eleva a possibilidade de atingir sustentabilidade, um tripé de ações sociais, ambientais e econômicas (CARVALHO; ADOLFO, 2012).

5. SANEAMENTO BÁSICO SOB A ÓPTICA DA SUSTENTABILIDADE

Para Leonardo (2006), a preocupação com questões relacionadas ao cuidado ambiental, diz respeito a responsabilidade que cada indivíduo tem com as gerações presentes e futuras bem como o meio ambiente. Em concordância, Ramos (2008), afirma que a sustentabilidade do planeta depende da coletividade de uma sociedade.

Tem-se na sustentabilidade a ferramenta para que os danos ambientais sejam minimizados, partindo do princípio de que os recursos naturais são finitos e que necessitam ser utilizados de forma adequada para que assim possa haver restauração, conservação e perduração (GLADWIN; KENNELLY; KRAUSE, 1995). Para Arruda (2008), as práticas do desenvolvimento sustentável não devem ser adiadas para as gerações futuras.

Na visão de Severo (2014), o desenvolvimento sustentável está relacionado a dimensão ambiental, quando existe uma organização na execução de práticas ambientais, como por exemplo, o uso adequado dos recursos naturais bem como de matérias-primas, juntamente com o destino correto de resíduos produzidos pelo ser humano.

A finalidade do desenvolvimento sustentável está no alcance da sustentabilidade, com isso, o desenvolvimento sustentável está em constante evolução (SARTORI, 2014).

O conceito de sustentabilidade está associado as práticas ecologicamente corretas e economicamente viáveis, assim, assegura justiça social e o cumprimento dos direitos humanos (RATTNER, 2009). A sustentabilidade ambiental, no conceito de Manzini e Vezzoli (2005), é aquela que reconhece que os recursos naturais não podem ser explorados de forma desorientada, levando em consideração apenas a economia.

Visto o uso desenfreado dos recursos naturais no presente, a preocupação com as consequências que isso poderá acarretar ao meio ambiente aumentou drasticamente em comparação ao passado, devido as ações do homem serem menos visíveis e pouco questionáveis (BARBOSA, 2012).

A Comissão Brundtland (CMMAD, 1988), sugere que uma condição para que haja a sustentabilidade ambiental é o uso da tecnologia que pode ser considerada uma aliada, por possibilitar meios para a minimização da exploração demasiada do ecossistema. O desenvolvimento sustentável, segundo Barbosa (2008) e Brasil (2012), tem a como principal finalidade, satisfazer as futuras gerações, sem o comprometimento das gerações presentes, baseado no Relatório de Brundtland, elaborado pela Comissão de Brundtland.

Segundo Granziera (2019), a qualidade de vida dos cidadãos está relacionada diretamente com um meio ambiente ecologicamente equilibrado e o saneamento básico é um instrumento primordial para que isso ocorra, já que seus serviços oferecidos são amplos e podendo assim, suceder o conceito de sustentabilidade.

Os autores Sarlet e Fensterseifer (2011), relembram que o saneamento básico se refere ao fornecimento de água adequada para o consumo humano, rede de esgoto, drenagem, manejo de águas pluviais urbanas, gerenciamento de resíduos e a limpeza urbana. Tais serviços são prestados tanto ao Estado como a concessionária do serviço público quanto aos integrantes de determinada comunidade.

O saneamento básico pode ser considerado como uma política ambiental, pois em

sua essência tem-se como principal finalidade a garantia da preservação da vida e do meio ambiente sendo necessário ser colocado em prática de forma apropriada para que o meio ambiente não sofra impactos marcantes (VIEIRA, 2013).

Na medida em que o fornecimento do saneamento básico tem como finalidade agregar o cuidado ambiental, este serviço torna-se indispensável e essencial para auxiliar no desenvolvimento humano (CHAD, 2011), quando garante a capacidade do homem sobreviver em um ambiente equilibrado assegurando saúde, pois um ambiente degradado expõe o homem a doenças sanitárias.

Portanto, para se ter uma vida saudável, é indispensável incluir a qualidade ambiental, pois este elemento é fundamental para que alcançar o verdadeiro bem-estar de uma sociedade (SARLET; FENSTERSEIFER, 2011). Assim, a qualidade de vida tanto dos presentes como das futuras gerações, dependem de um meio ambiente equilibrado ecologicamente (GERRA, 2012).

Os impactos ambientais, assim como a pobreza podem ser minimizados através da utilização dos serviços do saneamento básico, pois, ter direito ao fornecimento de água, esgotamento sanitário e um meio ambiente sadio, faz parte dos direitos sociais fundamentais que uma sociedade, por ser um serviço essencial e indispensável, sendo assim, responsabilidade do Estado (SARLET; FENSTERSEIFER, 2011). Oliveira e Carvalho (2007), salientam que, o saneamento busca harmonizar a garantia tanto da sobrevivência humana quanto da sobrevivência ambiental.

O homem é o principal gerador de resíduos orgânicos e inorgânicos, já que o mesmo tem a necessidade de fazer o uso dos recursos naturais que a natureza disponibiliza, contudo, a forma inadequada que esses resíduos são devolvidos a natureza tem acarretado danos ambientais irreparáveis, comprometendo, desta forma, a garantia de vida presente e futura (OLIVEIRA; CARVALHO, 2007).

Freitas (2009), considera que a falta de saneamento básico pode ser considerado um descumprimento ao direito a saúde humana e ambiental. Lima Neto (2016) também concorda que a ausência do saneamento básico é um dos principais causadores do agravamento do precário quadro de saúde pública e ambiental.

Normalmente é comum se associar a poluição, como principal causa do impacto ambiental. Sánchez (2008), argumenta que, o conceito de impacto ambiental não é restrito, mas se fundamenta fatores diversos e que o impacto ambiental não se fundamenta necessariamente na perspectiva negativa.

Nesta mesma visão, Nozaki (2007), explana que o saneamento básico pode ser considerado como agente causador de impactos no meio ambiente, porém em uma perspectiva positiva, ele contribui para a preservação de fontes de água, por exemplo.

5.1 Educação ambiental como instrumento para alcance de conscientização ambiental

A educação ambiental pode ser definida como a busca pelo equilíbrio da relação entre o meio ambiente e a humanidade e a busca pela minimização dos impactos ocasionados (SANTOS, 1999). Para que uma sociedade possa ser considerada sustentável, é necessário o alcance de condições de vida digna de forma igualitária para as gerações presentes e futuras e a educação se torna uma ferramenta indispensável (SANTOS, 2005).

Tem-se na educação ambiental, meios para se adquirir novos hábitos comportamen-

tais visando o alcance da harmonia entre a natureza e o ser humano. A educação ambiental deve levar em conta vários fatores, dentre eles a diversidade cultural de cada sociedade e assim, promover mudanças de pensamentos e preparar cidadãos para viver em uma sociedade sustentável (AB'SABER, 1994).

No entendimento de Sato (2001), adquirir novos comportamentos é válido, porém não basta apenas adquirir novos comportamentos, mas é necessário haver estudos que tornem estas práticas seguras. A educação ambiental não necessariamente deve se restringir ao ensino escolar, ela deve ser expandida para todos os membros de uma sociedade.

A educação ambiental tem se tornado ainda mais uma peça fundamental para o alcance do desenvolvimento sustentável, formando cidadãos cada vez mais responsáveis por suas ações (JACOBI, 2003). Para Freire Dias (1998), só se adquire educação ambiental, quando há o desenvolvimento de conhecimentos referente a práticas fundamentais para o regredimento de danos ambientais.

A educação ambiental se torna indispensável pelo fato de mostrar aos cidadãos as transformações que o meio ambiente vem apresentando, preparando cada indivíduo a adquirir novos comportamentos. Por esta razão que Guimarães (1995), sugere que a educação ambiental deve englobar todos os níveis de educação, tanto formal como informal.

É inevitável o contato com a educação ambiental, já que a maioria dos indivíduos já se depararam com ela em algum momento da vida, seja na escola, na convivência, ensinando ou aprendendo, com isso, Brandão (1995), acredita que a educação sempre esteve presente na vida dos cidadãos.

A educação ambiental viabiliza a participação da coletividade tornando-a assim, efetiva (PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007). Almeida (2002), salienta que mudanças de atitudes e pensamentos adquiridos apenas por uma parcela dos cidadãos faz com que o alcance da sustentabilidade se torne cada vez mais distante.

No conceito de Jacob (2003), a educação ambiental é vital para a minimização da problemática ambiental, porém só ela não basta. Corroborando com essa afirmação, Tamaio (2000) ressalta que, a educação ambiental se caracteriza como uma ferramenta necessária para se alcançar a sustentabilidade.

Como a Educação Ambiental é considerada como alternativa para a minimização de problemas ambientais, as ideias propostas para a resolução desses problemas, não são executadas sempre de forma precisa (GUIMARÃES, 2016). Diante disso, o envolvimento da sociedade é fundamental para que os serviços do saneamento básico possam ser melhorados, pois, assim se torna possível conhecer as reais necessidades da população em geral (LISBOA, 2013).

Adquirir mudanças de pensamentos e comportamentos o quanto antes, possibilita o impedimento de prejuízos irreparáveis em todo o planeta (KAPLAN, 1994). Essas mudanças só podem acontecer de fato, a partir do momento em que a sociedade acreditar que os recursos naturais são finitos e que o uso descontrolado desses recursos pode ocasionar um futuro insustentável (CAVALCANTI, 1998).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa permitiu o estudo sobre o saneamento envolvendo as escolhas do homem em questões ambientais e a falta de investimento do poder público mesmo diante de leis bem elaboradas para a universalização do saneamento, no qual é um assunto de interes-

se social, econômico e ambiental, que pode ser um grande fator para o desenvolvimento sustentável.

Embora, o homem esteja buscando desenvolvimento sustentável, e o poder público investindo no que se diz interesse da população, quando se tratou do saneamento e a prestação do serviço de forma universal, muitas pessoas ainda ficaram expostas a um ambiente sem salubridade ambiental pela falta do recurso de saneamento básico.

Foi visto que é preciso enfrentar as dificuldades do escasso investimento no saneamento para efetivação e universalização, aceitando as necessidades do homem e os ideais de sustentabilidade. Investindo na educação e nas famílias de baixa renda, inserindo de forma prática e social os serviços de saneamento básico.

Sendo assim, o homem cujo pensamento é ser atendido pelo meio que se vive, busca intencionalmente o desenvolvimento sustentável, com preservação e conservação de seus recursos naturais, mas é preciso o investimento na educação ambiental, um olhar para a desigualdade social, a movimentação do poder público, podendo assim, efetivar o desenvolvimento socioeconômico da sociedade e a proteção do meio ambiente.

Referências

ALBUQUERQUE, Marianna Martins et al. **Indicador de Salubridade Ambiental (ISA) como instrumento de análise da salubridade do ambiente da comunidade de Saramém em Brejo Grande (SE)**. 2013.

BOVOLATO, Luís Eduardo. Saneamento básico e saúde. **Escritas: Revista do Curso de História de Araguaína**, v. 2, 2010.

BRASIL, **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf>. Acesso em: 20 abr.2020.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de Julho de 2001.: Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 20 abr. 2020.

BORJA, Patrícia Campos. Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira. **Saúde e Sociedade**, v. 23, p. 432-447, 2014

BOEING, Fábio. Saneamento ambiental e saúde pública: uma interface para a qualidade de vida e o desenvolvimento sustentável. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, p. 102-112, 2013.

BITTENCOURT, Claudia; DE PAULA, Maria Aparecida Silva. **Tratamento de Água e Efluentes**—Fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. Saraiva Educação SA, 2014.

BOFF, L.. **Sustentabilidade: o que é - o que não é**. 3 ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

BENEDET, Giovana; SILVEIRA, Rafaella; GARCIA, Denise Schmitt Siqueira. **Saneamento básico como um direito fundamenal**.

CRISPIM, Diêgo Lima et al. Saneamento Básico: uma questão de qualidade ambiental na cidade de Pombal-PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 20-27, 2013.

CARVALHO, Sonia Aparecida. O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. **Revista Brasileira de Direito**, v. 8, n. 2, p. 6-37, 2012

CARVALHO, Gláucia Oliveira. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma visão contemporânea. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 789-792, 2019

CAETANO, Glauber Machado; FRANCISCO, Rodolfo Rodrigo Simplício. **Projeto de tratamento de água de abastecimento para uma cidade de 50.000 habitantes**. 2016.

CRISPIM, Diêgo Lima et al. Saneamento Básico: uma questão de qualidade ambiental na cidade de Pombal-PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 7, n. 3, p. 20-27, 2013

CARVALHO, Sonia Aparecida. O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. **Revista Brasileira de Direito**, v. 8, n. 2, p. 6-37, 2012

- DO NASCIMENTO SANTANA, Raimunda Nonata; SOUSA, Salviana de Maria Pastor Santos. Saneamento ambiental no Brasil: legado histórico e desafio para a Política Social. **Argumentum**, v. 8, n. 1, p. 158-173, 2016
- DIAS, Antonio Augusto Souza; DE OLIVEIRA DIAS, Marialice Antão. Educação ambiental. **Revista de direitos difusos**, v. 68, n. 2, p. 161-178, 2017.
- DE OLIVEIRA, Edmilson Danidavi Grimm Nascimento et al. Impactos ambientais causados pela falta de saneamento básico em Manaus. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 120571-120585, 2021.
- DE CARVALHO, Sonia Aparecida. O direito fundamental ao saneamento básico como garantia do mínimo existencial social e ambiental. **Revista Brasileira de Direito**, v. 8, n. 2, p. 6-37, 2012.
- FIORILLO, Celso Antonio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. Saraiva Educação SA, 2021
- FERREIRA, Mateus; GARCIA, Mariana Silva Duarte. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.
- FARIA, Marco Túlio da Silva et al. Panorama dos Planos Municipais de Saneamento Básico e Planos Diretores de Drenagem Urbana em municípios de pequeno porte de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, p. 185-193, 2022
- FERREIRA, Letícia; PIRES, Pedro Gabriel; NÁPOLIS, Patrícia. Educação Ambiental e Sustentabilidade: alterações conceituais de futuros professores de Ciências da Natureza. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 38, n. 1, p. 50-71, 2021.
- FREIRE, André Luiz. Saneamento básico: conceito jurídico e serviços públicos. Enciclopédia jurídica da PUC-SP. Celso Fernandes Campilongo, Alvaro de Azevedo Gonzaga e André Luiz Freire (coords.). Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, André Luiz Freire (coord. de tomo). 1. ed. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/325/edicao-1/saneamento-basico:-conceito-juridico-e-servicos-publicos>>
- FIORILLO, C.A.P. 2008. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 9ª ed., São Paulo, Saraiva, 580 p.
- JUNIOR, Antonio Pereira et al. Modelo matemático para avaliação da qualidade ambiental: o caso dos núcleos Marabá Pioneira e Nova Marabá, Marabá-PA. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 405-423, 2017.
- KONDRAT, Hebert; MACIEL, Maria Delourdes. Educação ambiental para a escola básica: contribuições para o desenvolvimento da cidadania e da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Educação**, v. 18, p. 825-846, 2013.
- KRUGER, Silvana Dalmutt et al. Sustentabilidade ambiental: estudo em uma instituição de ensino catarinense. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**, v. 8, n. 1, 2013
- LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011.
- LAHOZ, Rodrigo Augusto Lazzari; DUARTE, Francisco Carlos. Saneamento básico e direito à saúde: considerações a partir do princípio da universalização dos serviços públicos. **Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito**, v. 7, n. 1, p. 62-69, 2015.
- LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331-348, 2011
- MADEIRA, Rodrigo Ferreira. **O setor de saneamento básico no Brasil e as implicações do marco regulatório para universalização do acesso**. 2010.
- MORAES, Luiz Roberto Santos. A Necessidade de Formulação e Implementação, de Forma Democrática e Integrada, de Políticas Públicas de Saneamento Ambiental. Texto elaborado para a 1ª. Conferência das Cidades da Bahia. Salvador, 2003. 6p. Não publicado
- NUVOLARI, A. 2013. **Dicionário de saneamento ambiental**. São Paulo, Oficina de Textos, 337 p
- OLIVEIRA, M. V. C.; CARVALHO, A. R.. **Princípios básicos de saneamento do meio**. 10 ed. São Paulo: Senac, 2010.
- OLIVEIRA, Janine Patrícia Melo et al. Saúde/doença: as consequências da falta de saneamento básico. **Informativo Técnico do Semiário**, v. 9, n. 2, p. 23-29, 2015.
- RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação com o meio**

ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora, MG, p. 13, 2010

OLIVEIRA, Francisco Adjedam Gomes. A Educação Ambiental como meio para a sustentabilidade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 11, n. 5, p. 39-52, 2016.

PINSKY, Vanessa Cuzziol; DIAS, João Luiz; KRUGLIANSKAS, Isak. Gestão estratégica da sustentabilidade e inovação. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, n. 3, pág. 465-480, 2013.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Juiz de Fora, MG, p. 13, 2010.

ROSS, J. L. S.. **Geomorfologia ambiente e planejamento.** 9 ed. São Paulo: Contexto, 2012.

SILVA, Vinícius Arcanjo da et al. **Avaliação de sustentabilidade ambiental do sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Uberaba-MG.** 2016

TOMELERI, Desirée Bahls; CAMPOS, Tatiane Ribeiro; MORETE, Vânia Senegalia. Saneamento Ambiental e Sustentabilidade: Essencialidade à Vida Humana e à Proteção do Meio Ambiente. **Revista de Ciências Jurídicas e Empresariais**, v. 14, n. 2, 2013

TOMÉ, Luciana Mota. **Infraestrutura de saneamento na Região Nordeste:** situação atual e perspectiva. 2017.

VAZ, Alexssandra Juliane. **A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade Sócio-Ambiental.** Acesso em: out, 2017.

VIEGAS, Eduardo Coral. Saneamento básico, mercantilização e privatização da água. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, n. 40, p. 24-43, 2005.

YEMAL, JA; TEIXEIRA, NOV; NAAS, IA **Sustentabilidade na construção civil.** In: WORKSHOP INTERNACIONAL AVANÇOS NA PRODUÇÃO MAIS LIMPA . 2011. pág. 1-10.

3

A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HIDRICOS EM MEIO URBANO NO BRASIL

*THE IMPORTANCE OF CONSERVATION OF WATER
RESOURCES IN URBAN ENVIRONMENT IN BRAZIL*

Ruan Carlos Almeida da Silva

Resumo

Percebe-se assim, que o planeta possui uma quantidade de água muito superior à demanda gerada pelo homem, no entanto a grande instabilidade da própria disponibilidade hídrica, juntamente com o desordenado processo de ocupação e fixação do ser humano, nas mais diversas regiões, inclusive em locais irregulares e indevidos, vem desencadeando uma diversidade de problemas relacionados à água em quase toda a Terra, configurando-se, a chamada crise da água. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi discutir os principais problemas e desafios enfrentados pelo Estado e sociedade civil na gestão dos recursos hídricos urbanos apontando algumas soluções já adotadas. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Eletrônica de Engenharia (REEC), Google Acadêmico e Scribd. Conclui-se que se buscou reconhecer ações pautadas pela negociação socio-técnica para o máximo benefício econômico e social com o mínimo de degradação ambiental, para propor um gerenciamento eficaz de recursos considerando o bem comum onde todos têm o direito ao acesso a água.

Palavras-chave: Água. Recursos Hídricos. Desenvolvimento Sustentável. Gestão.

Abstract

It can thus be seen that the planet has a much greater amount of water than the demand generated by man, however the great instability of water availability itself, together with the disorderly process of occupation and settlement of human beings, in the most diverse regions, including in places irregular and undue, has been triggering a variety of problems related to water in almost the entire Earth, configuring the so-called water crisis. In this sense, the objective of this work was to discuss the main problems and challenges faced by the State and civil society in the management of urban water resources, pointing out some solutions already adopted. This is a bibliographic review using a qualitative and descriptive method. The search was carried out using the following search engines: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Eletrônica de Engenharia (REEC), Google Scholar and Scribd. It is concluded that an attempt was made to recognize actions guided by socio-technical negotiation for the maximum economic and social benefit with the minimum of environmental degradation, to propose an effective management of resources considering the common good where everyone has the right to access water.

Keywords: Water. Water resources. Sustainable development. Management.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural importante para a sobrevivência da vida na terra, sem ela não haveria vida. Além de indispensável à sobrevivência do ser humano, também está intimamente relacionado ao desenvolvimento econômico da população. A água, se estiver em excesso, pode causar desastre público; se estiver escassa, também pode causar problemas. Em relação ao meio ambiente, o ser humano pode utilizar os recursos hídricos de diversas formas, mas também afetá-los negativamente.

Percebe-se assim, que o planeta possui uma quantidade de água muito superior à demanda gerada pelo homem, no entanto a grande instabilidade da própria disponibilidade hídrica, juntamente com o desordenado processo de ocupação e fixação do ser humano, nas mais diversas regiões, inclusive em locais irregulares e indevidos, vem desencadeando uma diversidade de problemas relacionados à água em quase toda a Terra, configurando-se, a chamada crise da água.

Tomando como ponto de partida, a preocupação mundial com a disponibilidade de recursos naturais e seus resíduos, e conseqüentemente sua escassez, o final deste curso tende a trazer questões relacionadas aos recursos hídricos no Brasil. Afinal, a conclusão é que a falta de água na Terra pode levar à extinção dos seres humanos.

A justificativa para elaborar um estudo sobre esse tema é sua contribuição para a gestão e o uso sustentável dos recursos hídricos, promovendo o combate à poluição e ao desperdício. Também apontar caminhos para assegurar água de boa qualidade em quantidade suficiente para o desenvolvimento econômico e para garantir qualidade de vida das atuais e futuras gerações. Boa parte dos Fóruns, Conferências e Reuniões tratam de discussões macro ambientais, como por exemplo, preservação de florestas, emissões de carbono na atmosfera, mudanças climáticas, entre outros assuntos, deixando de lado as vezes problemas simples e cotidianos. Diante do exposto, formula-se a seguinte questão: a maioria das cidades brasileiras conseguem enfrentar os problemas ambientais para gestão adequada de seus recursos hídricos urbanos?

O objetivo geral deste trabalho é discutir os principais problemas e desafios enfrentados pelo Estado e sociedade civil na gestão dos recursos hídricos urbanos apontando algumas soluções já adotadas. Através dos objetivos específicos, pretende-se discutir a melhor forma de gestão dos recursos hídricos urbanos apresentar os principais problemas de poluição dos corpos hídricos e conhecer as práticas adotadas para soluções dos problemas.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2010 até 2021. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 11 anos, na língua portuguesa

2. GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O termo “desenvolvimento sustentável” tem origem do Relatório Brundtland, documento elaborado para subsidiar o debate na reunião RIO-92, elaborado pela Comissão

Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Por meio do desenvolvimento sustentável, o relatório entende o desenvolvimento que atende às necessidades atuais sem comprometer as gerações atuais e futuras (INBS, 2018).

De acordo o Relatório Brundtland compreende-se por desenvolvimento sustentável como:

o desenvolvimento que busca atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas necessidades, significa permitir que as pessoas, agora e no futuro, alcancem níveis satisfatórios de desenvolvimento social e econômico, bem como de desenvolvimento humano e cultural. , ao mesmo tempo em que faz uso racional dos recursos da terra, protegendo espécies e habitats naturais (inbs, 2018, p. 26).

No relatório “Nosso Futuro Comum” elaborado na Conferência RIO-92, o desenvolvimento sustentável é considerado um progresso que atende às necessidades presente sem afetar a perspectiva das gerações futuras para atender as próprias necessidades (BARBOSA, 2011).

Sobre o desenvolvimento sustentável, Fink (2015) afirma:

O desenvolvimento das atividades humanas, com base no meio ambiente e nos produtos naturais é infinito e não mais possível. Os seres humanos, por outro lado, podem satisfazer suas necessidades mais básicas apenas por meio da atividade econômica. Portanto, o modelo de desenvolvimento deve ser revisado para compatibilizá-lo com a proteção dos recursos ambientais para as gerações presentes e futuras (FINK, 2015, p.738).

Ainda segundo Barbosa (2011, p. 4), “O desenvolvimento sustentável deve ser resultado do desenvolvimento social e econômico e da proteção ambiental”. Em outras palavras, deve ser conciliado com as questões sociais, econômicas e ambientais. A união desses três componentes pode ser vista na Figura 1.

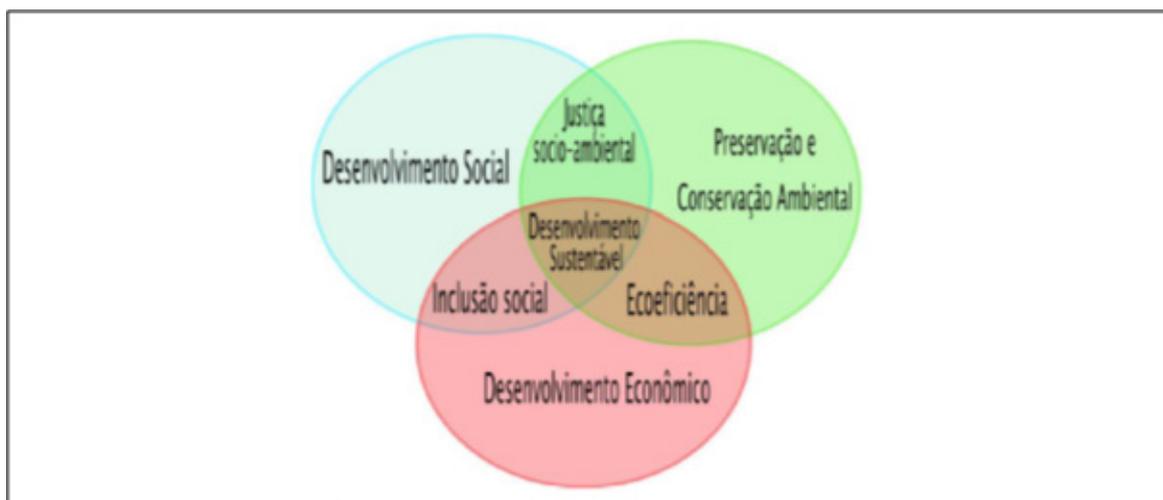


Figura 1- Parâmetros para se alcançar o desenvolvimento sustentável

Fonte: Barbosa (2008)

O desenvolvimento social precisa ser combinado com o desenvolvimento econômico e a proteção ambiental. Isso inclui justiça socioambiental e inclusão social, bem como eficiência ecológica. Dessa forma, o desenvolvimento sustentável não se limita ao uso dos

recursos ambientais para garantir o uso para as presentes e futuras gerações (D'AMBROS, 2015).

Segundo Machado (2013), 97,5% da água da Terra é salgada; 2,493% estão localizadas em geleiras ou subsuperfícies inacessíveis; 0,007% é água doce (rios, lagos, atmosfera), própria para beber. Essa pequena porcentagem é parcialmente afetada pela poluição e outros fatores. O crescimento populacional e o desenvolvimento industrial e tecnológico exigem cada vez mais água. Diante disso, a água doce torna-se um valor, uma mercadoria econômica. Segundo Philippi Jr. e Martins (2018, p.118), “a água é chamada de ouro azul do terceiro milênio por seu valor econômico”.

Segundo Borsoi e Torres (2014 p.2), “a água é considerada um recurso ou bem econômico por ser finita, frágil e essencial para a proteção da vida e do meio ambiente, além disso, sua escassez dificultou o desenvolvimento de várias regiões”.

Abad (2017) aponta que a água possui três valores. Este é um valor social porque garantir um mínimo de alimentos, saúde e saneamento é essencial para os seres humanos. É uma obrigação do Estado garantir que esteja disponível para todos no que se refere aos direitos humanos fundamentais. Como uma necessidade do ecossistema, tem valor ambiental. Também tem valor econômico porque, de acordo com a teoria econômica, toda mercadoria útil e escassa tem valor econômico; quanto mais útil e escassa, mais valiosa ela é.

Wankler (2011) argumenta que os recursos hídricos são uma expressão que só pode ser utilizada quando o uso da água tem valor econômico. Água, por outro lado, é um termo comumente usados.

Nos últimos 20 anos, consolidou-se em todo o mundo o conceito de gestão de recursos naturais, que pertence à gestão do meio ambiente natural e dos recursos hídricos. Essa visão de Pinheiro, Miranda e Machado (2014) explicam que a prática efetiva da gestão integrada pautada na lógica da consulta sociotécnica significa que os interesses na conciliação e a assessoria produzida pelo diagnóstico técnico-científico e as legítimas aspirações e saberes da população que vive no território.

A nova gestão dos recursos hídricos surge como uma possibilidade de intervir nos modelos sociais, novas relações sócio-natureza e superar crises ambientais hídricas, influenciando a gestão urbana e regional que contribui com a sustentabilidade do desenvolvimento e da compatibilidade fundiária utilizando a ocupação da Conservação da Água em Bacias Hidrológicas (LEAL, 2013).

A gestão dos recursos hídricos deve permitir a participação da sociedade de diversas formas, garantindo um espaço político para a troca de ideias entre representantes do estado, municípios e sociedade civil.

A gestão dos recursos hídricos é uma decisão política motivada pela relativa escassez e pela necessidade de proteger os recursos hídricos para as gerações futuras. Essa gestão ocorre em regiões ou países onde a água é escassa devido à poluição ou climas secos, limitando o desenvolvimento econômico e social (SETTI, 2011).

As decisões políticas muitas vezes ocorrem em situações em que a escassez já ocorreu, pois quando se prevê escassez de longo prazo, ambientalistas e conservacionistas levam a gestão da água a sério, organizando e agindo para proteger a água antes que a situação atinja níveis críticos (CUNHA, 2017).

As políticas de gestão de recursos hídricos devem ter metas e objetivos a serem alcançados, como planos e programas, revelando uma série de intenções e decisões determinadas pelo governo e pela sociedade (SETTI, 2011).

A disponibilidade desse recurso e sua distribuição entre os diversos usos se faz necessária em longo prazo, devido ao tempo de maturidade das obras hidráulicas, útil para a vida dessas obras a fim de obter o máximo de benefícios econômicos e sociais com o mínimo de degradação ambiental. E o impacto das decisões tomadas, que podem afetar gerações e muitas vezes são irreversíveis (CUNHA, 2017).

Um córrego ou rio ao construir, por exemplo, uma barragem. Muitas pessoas se opõem a essa prática. Por meio desse argumento que pode sustentar os limites regulatórios para a construção de barragens, o fluxo ecológico das estruturas de armazenamento ou captação de água deve ser garantido de forma a manter as condições ecológicas naturais do rio (CUNHA, 2017).

Para facilitar a gestão eficiente dos recursos, é preciso entender que a água é considerada um bem e que todos têm o direito de acessá-la. Mas dado o aumento da demanda por água, a poluição causada pelo uso irresponsável dos recursos hídricos e o crescimento populacional desordenado tem se tornado um recurso escasso, gerando problemas econômicos (BARROS; AMIN, 2017).

A poluição severa e a escassez de água tornaram o acesso à água de qualidade caro, incluindo impostos e taxas para torná-la potável novamente. Ao fazê-lo, aumenta os preços para os consumidores e conscientiza as pessoas sobre a conservação e racionamento da água para que as pessoas no futuro possam usufruir desse recurso (MARTINS, 2016).

Os autores Camargo e Pereira (2013) apontam que grandes aumentos populacionais têm causado impactos ambientais severos e, em áreas de alta densidade, a água tornou-se um recurso escasso e caro, limitando o crescimento econômico e o bem-estar social.

Segundo muitos especialistas em meio ambiente, ao longo do século 21, a água se tornará um recurso natural do ponto de vista econômico, social e político, assim como o carvão e o petróleo são para a economia (PINHEIRO; MIRANDA; MACHADO, 2014).

A água é um recurso finito e ameaçado, e a ideia de que está vinculada a aspectos fundamentais da capacidade dos centros urbanos coloca a questão da água no centro do debate atual sobre qualidade de vida urbana (BRAGA, 2013).

A tecnologia, a ciência e a gestão dos recursos hídricos desempenham um papel fundamental nos processos de bacias hidrográficas, águas superficiais e subterrâneas. A integração da tecnologia e os processos de desenvolvimento, é fundamental para o funcionamento, qualidade e quantidade das bacias hidrográficas. Estas devem conter gestão integradas e sempre objetivas aos níveis do ecossistema e da comunidade (TUCCI, 2018).

O uso das águas subterrâneas intensificou-se nas últimas décadas, sendo urgente o monitoramento da quantidade e qualidade da água. No Brasil, a aplicação do conhecimento científico aos recursos hídricos e à sustentabilidade ambiental e econômica é um processo de longo prazo (LEAL, 2013).

As bacias hidrográficas oferecem oportunidades para uma gestão descentralizada e moderna dos recursos hídricos. Não simplesmente, as sociedades que compartilham as águas da bacia têm que fazer cumprir as regras que estabelecem com o governo. Além da regulação, controle e monitoramento de fontes de poluição e cobrança de água (CUNHA, 2017).

Em resolução de 2006, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH estabeleceu diretrizes que vinculam o processo de obtenção de direitos hídricos ao processo de licenciamento ambiental, processo administrativo pelo qual os órgãos ambientais são responsáveis por autorizar a localização, instalação, expansão e funcionamento dos negócios. Atividades que utilizam recursos ambientais considerados eficientes ou potencialmente

poluentes de qualquer forma que possa levar à degradação ambiental. Figura 2 Estrutura Organizacional do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos.

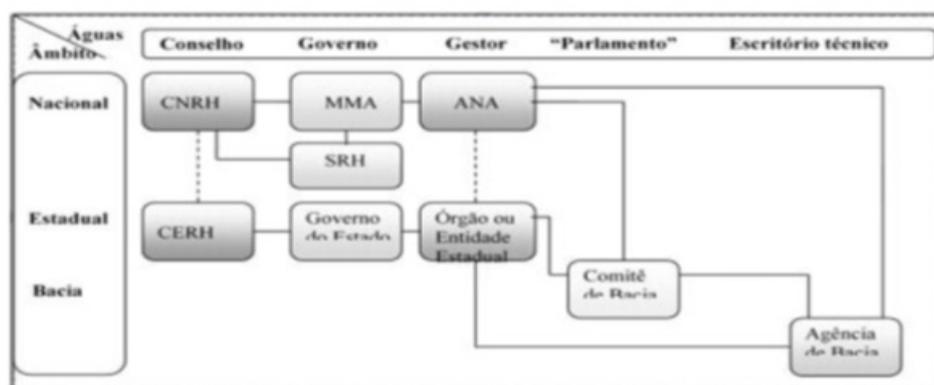


Figura 2 – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Fonte: Godoy (2007)

A Lei Federal 9.433/2017, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define os fundamentos, objetivos, diretrizes e instrumentos para a gestão da água e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Prevê que essa gestão deve ser descentralizada, integrada e deve incluir a participação do poder público, dos usuários da água e das comunidades. A Comissão de Bacias Hidrográficas é um órgão colegiado que exerce a titularidade deliberativa e consultiva da bacia hidrográfica para a qual está constituída, sendo o principal decisor na gestão desse recurso, pois seus membros representam os setores sociais e econômicos da bacia e estão envolvidos em dinâmicas socio-políticas, econômicas e ambientais regionais (BRASIL, 2017).

3. PRINCIPAIS PROBLEMAS DA POLUIÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS

O tema da água emergiu nas instituições políticas europeias e internacionais como uma questão ambiental importante para os indivíduos. A dificuldade de acesso a esse recurso nas grandes cidades, e o alto custo de acessá-lo, lembra a necessidade de protegê-lo e utilizá-lo de forma consciente.

Esgotodomésticoouindustrialéaquelequevemdasresidênciasedosestabelecimentos comerciais. Eles consistem em água doméstica, dejetos humanos, água comercial e industrial. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, 47,8% dos municípios brasileiros não tinham rede de esgoto (PEREIRA et al., 2015).

O agronegócio é considerado a maior fonte de poluição do país, pois todas as atividades relacionadas nesses locais contêm grandes quantidades de componentes ricos em matéria orgânica, nutrientes (como fósforo e nitrogênio), óleos e óleos (MEES et al., 2009). Para tratar a água usada (contaminada) em redes domésticas e industriais, foram estabelecidas estações de tratamento de esgoto, denominadas ETEs.

De acordo com o disposto do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 357 de março de 2005 as Estações de Tratamento de Esgoto-EETEs têm a função de tratar os esgotos para reintegrá-los à natureza. Esse tipo de tratamento inclui operações que removem substâncias indesejáveis ou as convertem em outras substâncias, a fim de reduzir seus danos ao meio ambiente (BRASIL, 2005).

Muitas epidemias e doenças do trato gastrointestinal usam água contaminada como

fonte de infecção, e sabe-se que o esgoto contém diferentes microrganismos, como coliformes, vírus e helmintos. As doenças associadas a esse recurso são causadas por patógenos entéricos, ou seja, do intestino humano ou animal, transmitidos pela via fecal-oral (DA SILVA et al., 2014).

Sabe-se que a água é um recurso essencial do qual todos os seres vivos dependem, mas para que um indivíduo a beba, ela deve estar limpa e livre de contaminação e patógenos prejudiciais à saúde. Segundo Muller (2014), estima-se que 80% das doenças transmitidas pela água sejam causadas pela contaminação desse recurso.

Antes do século XIX, a qualidade da água se preocupava apenas com aspectos estéticos e sensoriais (cheiro, sabor e cor). A poluição das águas dos rios, reservatórios e lagos ocorre através de anos de crescimento populacional e expansão industrial. Com todas essas mudanças, os recursos hídricos passaram a representar risco à saúde da população devido à má qualidade da água, atuando como veículo de disseminação de múltiplos agentes químicos e biológicos (QUEIROZ et al., 2012).

Ainda segundo Queiroz (2012), afirma que a potabilidade desse recurso é definida por diversos parâmetros e critérios estabelecidos pela legislação e regulamentação sanitária. A Portaria nº 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004 especifica todos os procedimentos e responsabilidades que devem ser utilizados para a qualidade da água potável para humanos, além dos padrões de água potável.

Os elementos biológicos encontrados em águas contaminadas pertencem ao grupo dos coliformes totais, que inclui bacilos gram-negativos pertencentes à família *Enterobacteriaceae*, isentos de esporos, fermentadores de lactose que produzem gás quando incubados a 37°C por 1 a 2 dias (24-48 horas). Os gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella* são as principais bactérias desse grupo.

Bactérias classificadas como coliformes termotolerantes estão incluídas no grupo total, mas são capazes de continuar a fermentação da lactose em temperaturas de 44-45°C em 24 horas, com formação de gases. A *Escherichia coli* é um exemplo desse grupo e é utilizada como indicador de contaminação fecal por ser um microrganismo presente na microbiota intestinal dos animais. Em alguns casos, esta bactéria tem sido associada a infecções intestinais em crianças e/ou adultos denominadas *E. coli* diarreica (SCHUROFF et al., 2014).

O objetivo do monitoramento da qualidade microbiana da água é garantir o padrão para consumo humano. Seus padrões de qualidade no Brasil são baseados na Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 2.914 de dezembro de 2011, que estipula a ausência de coliformes totais e tolerância ao calor quando a água é utilizada para consumo humano (BRASIL, 2012).

Com todas as mudanças ocorridas ao longo dos anos, as águas subterrâneas tornaram-se uma importante fonte de abastecimento em meio a preocupações com a poluição, a disseminação desenfreada de doenças e o alto custo de acesso a esse recurso (SETTI, 2001).

Segundo Dos Santos et al., (2015), os recursos subterrâneos não foram contaminados até meados da década de 1970 porque o solo e as camadas rochosas filtravam as impurezas presentes na água. Mas, com o passar do tempo, foram encontrados poluentes devido à presença de esgoto (industrial ou doméstico), resíduos de postos de gasolina e atividades agrícolas. A contaminação também pode ocorrer em sua fonte, distribuição e reservatório (empresa ou domicílio), onde os tanques e cisternas não são devidamente vedados ou higienizados de forma regular e regular.

A disseminação de doenças pela água se deve ao mau uso desse recurso. A presença de fezes humanas e/ou animais traz microrganismos patogênicos (Brasil, 2006). As principais doenças causadas por eles são: cólera, esquistossomose, disenteria, giardíase, uroxiemia e ascaridíase (DOS SANTOS et al., 2015).

Os patógenos ocorrem nos indivíduos por meio da ingestão de água contaminada pela pele ou por meio de recreação e preparo de alimentos (YAMAGUCHI, 2013). Nos países subdesenvolvidos, as doenças diarreicas causadas pela poluição da água são comuns devido ao saneamento básico instável e à má qualidade da água. Cólera, hepatite A, amebíase e giardíase são responsáveis por grandes surtos epidêmicos e alta mortalidade em crianças devido ao consumo de água contaminada (JAWETZ, 2000).

Para que um recurso fique livre de microrganismos patogênicos, ele deve passar por um processo chamado de desinfecção, sendo a cloração o método mais conhecido (YAMAGUCHI, 2013).

A relação dos indivíduos com o meio ambiente é marcada pela relação entre os números populacionais e a disponibilidade de recursos naturais presentes no meio ambiente (DO CARMO, 2014). Em várias regiões do Brasil, a escassez tem surgido devido às condições naturais, mau uso dos recursos hídricos, contaminação e contaminação dos recursos hídricos, crescimento populacional, etc.

O Brasil é considerado um país vasto com uma área de 8,5 milhões de quilômetros quadrados e uma população de 190,7 milhões em 2010. Inclui 5.565 municípios e mais de 21 regiões metropolitanas (IBGE, 2010). Nesse caso, a água acaba se tornando um problema devido ao aumento acentuado e rápido do uso desse recurso.

Mesmo diante de inúmeros acontecimentos e inovações ao longo dos anos, ainda existem algumas pessoas no país que vivem em áreas urbanas sem acesso à água potável, ou não têm acesso a água potável o dia todo (CARMO et al., 2014). Sabe-se que a agricultura é o setor mais intensivo em água, o consumo é de cerca de 70% (LIRA, 2015). Quando aliada ao crescimento populacional, cresce também a necessidade de produzir alimentos, exigindo mais desse recurso.

O aumento do consumo de água não se deve apenas ao crescimento populacional, mas também ao desejo dos indivíduos de consumir alimentos mais saborosos. Com o aumento dos métodos de irrigação, que visam fortalecer a oferta de produtos agrícolas, a área irrigada também está aumentando. Em climas temperados, onde as chuvas caem periodicamente, é difícil ver quanta água o setor acaba consumindo, mas em regiões áridas o custo é perceptível, chegando a quase 80% de toda água disponível (LIRA et al., 2015).

As secas são frequentes em várias regiões do Brasil, causando escassez de água e afetando o abastecimento humano em algumas áreas, além da perda da agricultura, suínos, bovinos e aves. Áreas com alta precipitação também sofrem com a escassez de água, prejudicando a produção agrícola, pois apenas algumas propriedades armazenam água nos sistemas de irrigação (FERREIRA, 2014).

Diferentes formas de poluição, direta ou indireta, são acompanhadas por atividades antrópicas que colocam em risco a vida humana de diferentes formas e intensidades. A preocupação com a degradação da qualidade da água devido a múltiplos fatores trouxe reflexões aos indivíduos que devem se unir para encontrar soluções (PEREIRA et al., 2015).

A água é indispensável a todos os seres humanos, mas em diferentes partes do mundo é superutilizada e muitas vezes poluída, tornando-se escassa ou imprópria para o consumo, com consequências e todo tipo de danos aos indivíduos e a todos os seres vivos. Acredita-se também que sua má qualidade (poluição ou contaminação) a torna fonte de

diversas doenças e agravos à saúde (DA SILVA et al., 2014).

Portanto, é necessário dar mais atenção a esta importante questão e alertar as pessoas para que adotem atitudes e medidas que possam garantir suas propriedades químicas e microbiológicas para alcançar as condições higiênicas adequadas da água potável.

As consequências para a população da contaminação química deste recurso devem ser avaliadas e consideradas. O avanço dos recursos tecnológicos é necessário para o crescimento e desenvolvimento econômico do país, mas deve ser verificado a fim de promover a manutenção do meio ambiente benéfico ao ser humano. Este é responsável por interagir diretamente com a saúde da população e, portanto, seu equilíbrio e preservação tornam-se a base para a sobrevivência da população (DOS SANTOS et al., 2015).

Da Silva et al., (2014) dizem que é sempre apropriado afirmar que “é melhor prevenir do que remediar” por natureza. Às vezes, o custo da restauração é proibitivo para a sociedade e, para piorar, os retornos naturais anteriores à degradação raramente são alcançados.

Muller (2014) explica que o processo de desenvolvimento das bacias hidrográficas brasileiras mostra que os impactos ambientais mais fortes e generalizados são mais recentes, devido ao maior impacto:

- a) o início da urbanização e industrialização intensa, rápida e desordenada desde a década de 1950;
- b) desmatamento para energia de construção, principalmente para produção de carvão (insumo básico para siderurgia);
- c) o uso intensivo de terras agrícolas (cereais) começou há apenas 25 anos e a maior parte da cobertura vegetal foi removida (Cerrado);
- d) a posterior construção de uma extensa rede de esporões instáveis (fontes de erosão), seja para produção de carvão, agricultura ou entre comunidades;
- e) a presença de gado cujas pastagens estão degradadas (compactação do solo) devido ao sobrepastoreio;
- f) construção de barragens para geração de energia hidrelétrica, o que pode alterar sobremaneira o regime hídrico do rio e suas consequências.

Tudo isso está acontecendo sob o velho paradigma, mas os processos nos quais se baseiam as atividades urbanas, industriais, mineradoras, rurais etc., muitas vezes ainda são insustentáveis. Portanto, o maior desafio é inserir uma dimensão ambiental em todos os processos, enfim, existir e já existir de acordo com as necessidades sociais, e atender aos objetivos socioeconômicos em sentido amplo (FERREIRA, 2014).

4. AS PRÁTICAS PARA CONSERVAÇÃO E USO ADEQUADO DA ÁGUA E OS RECURSOS HÍDRICOS

A conservação da água, uma preocupação humana de longa data, está sendo uma prioridade e característica crítica, visto que a escassez de água é observada em várias regiões do mundo, e projeções desanimadoras de crescente conflito pelo uso da água (MACHADO; MIRANDA; PINHEIRO, 2004).

Na natureza, a persistência dos recursos hídricos, no que se refere ao regime de vazão dos córregos e rios, e a qualidade da água das vazões das microbacias hidrológicas, resulta de mecanismos naturais de controle que se desenvolveram ao longo da evolução da pai-

sagem, constituem os chamados serviços prestados pelo ecossistema (MARENGO, 2008).

Um desses mecanismos é a estreita relação que existe entre a cobertura florestal e a água, principalmente nas áreas de origem onde se localizam as nascentes (TUCCI, 2008).

Essa condição de equilíbrio natural foi alterada pelo homem através do desmatamento, expansão agrícola, abertura de estradas, urbanização e vários outros processos de modificação antropogênica da paisagem, alterando assim os ciclos biogeoquímicos e hídricos (SETTI, 2001).

Dada a população atual e suas projeções de crescimento, não há dúvida de que os impactos ambientais dessas mudanças desproporcionalmente maiores estão começando a ameaçar a sustentabilidade dos recursos hídricos. É sabido que exemplos locais e regionais têm comprometido a sustentabilidade de determinados ecossistemas (TUCCI, 2008).

Pode-se dizer que a recuperação, proteção e gestão sustentável dos recursos hídricos são, sem dúvida, os mais críticos e urgentes entre os grandes desafios que a humanidade enfrenta hoje.

Devido à complexidade natural dos ecossistemas, e o conceito de sustentabilidade - que é multidimensional por natureza - envolve aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais, a gestão sustentável deve ser entendida como uma mudança das condições existentes para a degradação contínua e ambiental e ser medido por indicadores envolvendo conceitos de integridade e saúde de sub-bacias.

A integridade da sub-bacia reflete as condições produzidas pela evolução natural do ecossistema, ou seja, resultado da integração natural da sub-bacia com a paisagem durante todo o processo de evolução. Portanto, fornece uma base ou referência para comparar mudanças devido a mudanças causadas por atividades humanas.

Por sua vez, a saúde da sub-bacia deve ser entendida como uma condição viável, um estado sustentável de equilíbrio dinâmico, condizente com a necessidade de utilização dos recursos naturais para a produção de bens de que a sociedade necessita. A qualidade desse estado de saúde pode ser avaliada por sua capacidade de manter os seguintes atributos ou indicadores enquanto os humanos usam os recursos naturais:

- Manter sua função hidrológica (regime de vazão, quantidade e qualidade da água);
- O potencial produtivo do solo ao longo do tempo (biogeoquímica);
- Biodiversidade (matas ciliares, zonas ribeirinhas e reservas de vegetação natural etc.).

Levando em consideração esses três fatores-chave, o monitoramento da saúde das bacias hidrográficas pode fornecer indicações sistemáticas de mudanças desejáveis ou indesejáveis nos recursos hídricos devido às práticas de gestão. Nessa perspectiva, a “gestão de bacias hidrográficas” pode ser definida como uma estratégia de uso do solo que leva em consideração a manutenção da saúde de uma sub-bacia ao longo do tempo.

As práticas de gestão de recursos naturais consistentes com esta estratégia holística ou sistêmica são práticas que contribuem para a sustentabilidade da água. Por sua vez, foram identificadas diversas ações incompatíveis com essa sustentabilidade, que podem ocorrer em diferentes escalas. No nível micro, ou seja, na escala das unidades de gestão da propriedade rural, a compactação do solo, a destruição da matéria orgânica e micróbios do solo prejudicam a manutenção dos recursos hídricos porque degradam o fator hidrológico mais importante nessa manutenção, a água do processo penetra no solo.

De acordo com o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) na

mesoescala - a escala da própria sub-bacia hidrológica - são identificados outros indicadores de sustentabilidade hídrica, como traçado de estradas e condições ribeirinhas. Os traçados viários que não levam em consideração o valor das sub-bacias são sempre foco permanente de erosão hidrovíaria, ravinas e assoreamento, reduzindo a produtividade do solo e afetando a qualidade, além de reduzir o volume de água (DNAEE, 2001).

Por sua vez, as zonas ribeirinhas, incluindo as áreas permanentemente saturadas de cabeceiras e margens de rios, ocupam a parte mais dinâmica da paisagem, tanto em termos de hidrologia, ecologia e geomorfologia.

Essas zonas ciliares estão intimamente relacionadas aos cursos d'água e estão envolvidas em importantes processos que mantêm a saúde das sub-bacias e dos recursos hídricos, que envolvem a geração de escoamento direto nas microbacias devido às chuvas.

Para que essas áreas críticas desempenhem essa função hidrológica de forma eficaz, devem ser protegidas pela vegetação que normalmente se desenvolve nessas áreas, denominadas ambientes ciliares, matas ciliares, matas de corredor etc.

As matas ciliares isolam os cursos d'água dos planaltos das sub-bacias (onde ocorrem as práticas de manejo), proporcionam uma eficaz filtragem superficial de sedimentos e reduzem a entrada de herbicidas e pesticidas químicos nos cursos d'água. Além disso, é capaz de filtrar nutrientes superficiais e subsuperficiais que possam atingir esses cursos d'água, alterando assim a qualidade da água.

Do ponto de vista quantitativamente, a médio e longo prazo, a destruição das matas ciliares reduzirá a capacidade de armazenamento de água das sub-bacias devido à degradação das zonas ciliares, contribuindo assim para a alteração dos regimes de vazão ciliar do rio. Aliada a essa função hidrológica - já crítica para a manutenção dos recursos hídricos - as matas ciliares também podem ajudar a aumentar os níveis de biodiversidade em toda a paisagem, atuando como corredores para o fluxo gênico e movimentação da fauna

É importante ressaltar que o impacto altamente erosivo das chuvas de topos de morros «despidos» e encostas sem vegetação, pastagens degradadas ou águas pluviais plantadas convencionalmente tornam as matas ciliares (já raras em nossa realidade) ineficazes.

Em escala macro ou regional, os indicadores de sustentabilidade hídrica dependem da gestão ou uso dos recursos naturais, por exemplo, a própria disponibilidade natural de água, que pode ser quantificada pelos balanços hídricos. Portanto, uma ação é, por exemplo, a necessidade de zoneamento agroecológico, com o objetivo de regular a ocupação do espaço de produção na paisagem de acordo com o potencial natural, que deve incluir uma análise da disponibilidade hídrica para diversos usos.

Portanto, destacando a necessidade urgente de buscar a agricultura sustentável e o manejo florestal sustentável, ou seja, a busca do desenvolvimento rural sustentável, que, entre outros critérios, inclui a manutenção dos recursos hídricos, deve estar comprometido com a manutenção da saúde das bacias hidrográficas.

Se a água é um bem de domínio público, todos que vivem na área da bacia hidrográfica também devem ser consultados sobre todas as ações que afetam a quantidade e a qualidade da água. Portanto, a Lei de Águas propõe um processo inovador para a implementação de tarefas de planejamento e construção de recursos hídricos e gestão de recursos hídricos, incluindo a participação de representantes de atores-chave na gestão hídrica da bacia.

Essas tarefas, antes restritas aos tradicionais órgãos de gestão e órgãos de controle ambiental, tornaram-se responsabilidades compartilhadas. Os fóruns para esses debates

participativos são realizados nas chamadas Comissões de Bacias Hidrológicas. As responsabilidades do comitê incluem:

- Promover o debate sobre questões hídricas e esclarecer as atividades da entidade;
- Arbitragem de conflitos relacionados à água;
- Aprovar e acompanhar a implementação das ações previstas na bacia hidrográfica.

Dentro da cidade, é preciso definir a rede hídrica e suas bacias hidrográficas, para delinear microbacias. Só assim poderemos compreender e gerir as condições da água nas áreas em que se vive.

Os planos de ação de desenvolvimento de microbacias são uma das formas mais participativas e adequadas para desenvolver políticas de restauração da qualidade ambiental. Essa abordagem supera as visões higiênicas dos séculos passados, cuja principal solução é a retirada de água, canalização por córregos e aterramento de nascentes. Hoje, em todos os continentes, novas visões para o tratamento de água em áreas urbanas visam alcançar uma gestão sustentável.

Projetos modernos buscam reter e armazenar a água da chuva para retardar as inundações sazonais (pico de fluxo) e facilitar a infiltração da água no solo. Os esforços para “renaturalizar” os espaços urbanos estão se multiplicando tanto nos países ricos quanto nos emergentes.

O canal do rio é cercado por vegetação natural chamada “ciliar”, “ribeirinhas” ou “riparia”. Esta vegetação inclui plantas terrestres e aquáticas. A vegetação ciliar está intimamente ligada ao rio e atua como uma barreira para proteger a margem do rio.

As matas ciliares protegem o solo e a topografia; facilitam o manejo da água dentro das bacias hidrográficas; evitam o assoreamento de canais; reduzem a chegada de produtos químicos oriundos de atividades agrícolas ou urbanas; além de manter a fauna (aves, peixes, pequenos mamíferos), também são fornecidos alimentos e sombra. Para pequenos cursos d’água, as copas das árvores contribuem para a estabilidade térmica do ambiente, diminuindo a temperatura da água e ajudando a preservar seus ecossistemas naturais.

A Lei Florestal nº 4.771/65, alterada por uma série de medidas provisórias e pela Lei nº 7.803/89, considera as florestas e outras formas de vegetação natural localizadas às margens de rios e nascentes, com largura mínima de 30 metros nas margens e uma largura máxima de 30 a 500 metros (de acordo com a largura do rio).

Especialistas em água ressaltam que a versão atual do Código Florestal brasileiro simplifica a questão e trata os vales de maneira uniforme, que na verdade variam de acordo com o bioma e o grau de integração. Pessoas com atividades, especialmente nas cidades. Eles argumentam que uma pesquisa adequada sobre os pisos dos vales urbanos é necessária para desenvolver programas de intervenção que alcancem um maior equilíbrio entre a restauração e proteção ambiental e o funcionamento urbano (TUCCI, 2008).

Ramos e Kelman (2005) explicam que os planejadores e gestores urbanos estão buscando soluções para mitigar os extremos sazonais causados pela impermeabilização do solo urbano e redes de esgoto incompletas. Durante a estação chuvosa, toda a água drena rapidamente para o fundo do vale, causando inundações repentinas, erosão e enxurradas.

As reservas de águas não subterrâneas e subterrâneas não são infiltradas ou recarregadas. Durante a estação seca, a falta de reservas pode agravar os efeitos da seca; o fluxo de rios e córregos diminuiu mais do que historicamente, concentrando apenas águas residuais e esgotos, reduzindo o suprimento de oxigênio e matando toda a vida aquática

possível.

Na abordagem de microbacias o aprendizado de vizinhos funciona em rede, buscando soluções conjuntas para otimizar o fluxo de água na superfície e no solo. Por exemplo, a visão integrada facilita a construção de uma série de jardins, pátios e passarelas permeáveis, reduzindo assim de forma mais eficaz o escoamento superficial de águas pluviais.

A partir dessa iniciativa individual coordenada, podem ser somadas medidas governamentais, como a construção de cisternas (lagoas de água) ou o plantio de árvores em áreas públicas (pois as plantas retêm a água, que é liberada por evapotranspiração).

A drenagem urbana sustentável parte do pressuposto de que é necessário planejar e gerir as cidades (obras públicas e privadas) de forma integrada, ao invés de recorrer a desvios e remediação de rios como no passado. As nascentes e os cursos d'água devem ser expostos e as áreas permeáveis devem ser estendidas a todo o espaço urbano, para que, quando chover, o subsolo seja reabastecido e a água e a vida retornem ao rio nos períodos mais secos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água é um componente essencial em todos os aspectos da vida humana, com valor social, ambiental e econômico. Em relação a este último, torna-se um recurso hídrico. Entender isso é como usar os recursos hídricos enquanto garante o desenvolvimento sustentável. E a partir dessa revisão bibliográfica foi realizado um breve panorama sobre a relevância da conservação da água pode ser obtido a partir de uma revisão bibliográfica realizada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Em relação à gestão dos recursos hídricos, é importante destacar que sua principal função é importante para ser compreendida pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e pela Agência Nacional de Águas (ANA), que é o órgão que administra a água como recurso natural. No entanto, é necessário introduzir a importância da gestão da água e o conceito de gestão dos recursos naturais.

Observou-se que os problemas relacionados à poluição da água levam a desequilíbrios e há uma necessidade urgente de agilizar o tratamento dos recursos hídricos brasileiros compatíveis com o conceito de desenvolvimento sustentável, evitando o comprometimento e a escassez desses recursos e sua proteção para as gerações futuras, garantindo assim a segurança econômica e social. O desenvolvimento está em harmonia com o meio ambiente.

Conclui-se que existem vários aspectos em termos de práticas de conservação, uso adequado da água e incentivos de políticas públicas: na agricultura, por plantio direto, mananciais protegidos, matas ciliares, armazenamento de água e irrigação localizada.

Dessa forma, este estudo buscou reconhecer ações pautadas pela negociação socio-técnica para o máximo benefício econômico e social com o mínimo de degradação ambiental, para propor um gerenciamento eficaz de recursos considerando um bem comum onde todos têm o direito ao acesso a água.

Referência

ABAD, EPG. Proposta de fixação de preço da água para irrigação na agricultura, utilizando a metodologia da programação matemática positiva. Porto Alegre: UFRGS - Tese de Doutorado, 2017.

- BARBOSA, GS. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, n.4, v.1, jan/jun.2011.
- BARROS, F. G. N; AMIN, M. M. **Água**: Um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo. Publicado em: 27/11/2017. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>> Acesso em 25 de agosto de 2022.
- BRAGA, Roberto. **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Planejamento urbano e recursos hídricos. Rio Claro (SP): Ed. Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP - IGCE, 2013. 131p
- BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 2017. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/blei19979433.pdf> > Acesso em 26 de agosto de 2022
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357**, de 17 Março de 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n. 2914 de 12 de Dezembro de 2011**. Disponível em: < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 05 de out. 2022.
- BORSOI, ZMF; TORRES, SDA. **A política de recursos hídricos no Brasil**.2014 Disponível em < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/ conhecimento/revista/rev806.pdf > Acesso em 26 agosto de 2022.
- CAMARGO, A. F. M; PEREIRA, A de M.M; **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Qualidade da água em áreas urbanas. Rio Claro (SP): Ed. Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP - IGCE, 2013. 131p.
- CARRERA-FERNANDEZ, J; GARRIDO, RJS. Impactos da nova política nacional de águas sobre os setores usuários de recursos hídricos. **Bahia Análise e Dados**, v.13, n. Especial, p.467-480, 2013.
- CUNHA, E. C. N. da; **Recursos Hídricos**. Aspectos Éticos, Jurídicos, Econômicos e Socioambientais. A Gestão de Recursos Hídricos no Brasil e a Formatação do Conceito Jurídico de Vazão Ecológica. Campinas – SP: Editora Alínea, 2017. Vol. 01.
- D’AMBROS, Marilene. **Um estudo sobre gestão de recursos hídricos em Santa Catarina**. 2015. 69f. Monografia (Bacharel em Ciências Econômicas) – Universidade Federal Santa Catarina- Florianópolis, SC, 2015.
- DA SILVA, C. C. et al. Análises do Perfil Bacteriológico das Águas do Ribeirão das Antas, no Município de Cambuí-MG, Como Indicador de Saúde e Impacto Ambiental. **Revista Agrogeoambiental**, 2014.
- DANEE. Código de Águas. **Brasília**: Ministério das Minas e Energia – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, 2001
- DO CARMO, R. L.; DE SAMPAIO DAGNINO, R.; JOHANSEN, I. C. Transição demográfica e transição do consumo urbano de água no Brasil. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 1, p. 169-190, jan./jun. 2014.
- DOS SANTOS, D. J. et al. Análise físico-química e microbiológica da água de poços superficiais, caixas d’água e do sistema de tratamento, em residências no município de Nova Xavantina-MT. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 13, p. 31-6. 2015.
- FERREIRA, M. G. **Análise da variabilidade da precipitação e da estiagem no município de Erechim e Região Norte do Rio Grande do Sul**. 2014. 45 f. Monografia (Bacharel em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul- RS.
- FINK, S. E.C; **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. A água e a cidade. Rio Claro (SP): Ed. Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP - IGCE, 2015. 131p.
- INBS. **Instituto Brasileiro de Sustentabilidade**. 2018. Disponível em <https://inbs.com.br/ead/Arquivos%20Cursos/SANeMeT/RELAT%23U00d3RIO%20BRUNDTLAND%20%23U201cNOSSO%20FUTURO%20COMUM%23U201d.pdf> Acesso em 26 de agosto de 2022
- JAWETZ M. J, M. J. L.; ADELBERG E. A. **Microbiologia Médica**. 20. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.
- JUNIOR, Leonardo; MARTINS, Fernando Notícias. Do Dia. **Os bons exemplos do uso racional e reaproveitamento da água em Florianópolis- SC**. Publicado em: 29/10/2018. Disponível em: <<http://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/208291-os-bons-exemplos-do-uso-racional-e-reaproveitamento-da-agua-em-florianopolis.html>> Acesso em 26 de agosto de 2022.
- LEAL, A.C; **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. Gestão urbana e regional em bacias hidrográficas: interfaces com o gerenciamento de recursos hídricos. Rio Claro (SP): Ed. Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP - IGCE, 2013. 131p.

- LIRA, R. M. et al. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada| The use of lower quality water in irrigated agriculture. **Revista Geama**, Recife, v. 2, n. 2, p. 95-128, dez. 2015.
- LOBO, Thais. **O Globo**. Brasil exporta cerca de 112 trilhões de litros de água doce por ano. Publicado em: 11/09/2015. Disponível em: < <http://oglobo.globo.com>> Acesso em: 25.10.22
- MACHADO, CJS. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil**: limites, alternativas e cidadania. Ambiente & Sociedade, vol. VI, n.2, jul/dez.2013.
- MACHADO, J; SANTOS, D; FELIX, A. A gestão de recursos hídricos e o uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: MMA- Agência Nacional de Águas, 2005. 18p.
- MARTINS, R.C; **Uso e Gestão dos Recursos Hídricos no Brasil**: Agricultura, Gestão dos Recursos Hídricos e Desenvolvimento Rural: A Convergência Necessária. Ed.2ª São Carlos (SP): Editora RiMa, 2016. 246p.
- MEES, J. B. R. et al. Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using *Eichhornia crassipes* and evaluation of the generated biomass composting. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 3, p. 466-73, jun./set. 2009
- MESQUITA, José. **Meio Ambiente: água, pra que te quero?** Publicado em: 09/07/2014. Disponível em:< <http://mesquita.blog.br/meio-ambiente-agua-pra-que-te-quero>> Acesso em: 25.10.22
- MULLER, L. R. Qualidade microbiológica da água utilizada para consumo em escolas municipais de Mamborê, Paraná. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 9, n. 1, p. 95-99, jan./abr. 2014.
- MONTESQUIEU, C.L. de S. **O Espírito das Leis**. Tradução de Fernando Henrique Cardoso e Leonio Martins Rodrigues. Brasília, DF: Editora da Universidade de Brasília, 2005, 712p, p.25.
- PEREIRA, A.A.S. et al. Avaliação da qualidade da água do Ribeirão São João, em Campo Belo Minas Gerais, sob interferência do efluente tratado do abate de bovinos e suínos. **Natureza on line**, Ribeirão São João, p. 101-105, nov./abr. 2015.
- PINHEIRO, C. J.S; MIRANDA, N; MACHADO, A. A. D. S. **Gestão de Águas Doce**. A Nova Aliança entre Estado e Sociedade na Administração da Coisa Pública: Descentralização e Participação na Política Nacional de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro. Ed. Interciência, 2014.
- PITTON, S. E.C; **Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional**. A água e a cidade. Rio Claro (SP): Ed. Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP - IGCE, 2003. 131p.
- QUEIROZ, A. C. et al. Programa Nacional de Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua): lacunas entre a formulação do programa e sua implantação na instância municipal. **Saúde e Sociedade**, v. 21, n. 2, p. 465-478. 2012.
- RAMOS, j; KELMAN, M. Custo, Valor e preço de água utilizada na agricultura, 2005.
- SETTI, A.A. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**.Brasília-DF. Agência Nacional de Energia Elétrica; Agencia Nacional de Águas, 2011. 328p.
- SCHUROFF, P. A. et al. Qualidade microbiológica da água do Lago Igapó de Londrina-PR e caracterização genotípica de fatores de virulência associados a *Escherichia coli* enteropatogênica (EPEC) e *E. coli* produtora de toxina Shiga (STEC). Semina: **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 11-20, jul./dez. 2014
- TUCCI, C. E.M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados – on – line Version ISSN 1806 - 9592. vol. 22. São Paulo, 2018. Disponível em: < <http://www.scielo.br>> Acesso em: 26 de agosto de 2022
- YAMAGUCHI, M. U. et al. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. **O mundo da saúde**, v. 37, n. 3, p. 312-320, abr./jun. 2013.
- WANKLER, FL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**: aspectos jurídicos.2011 Disponível em http://ufrb.br/antigo/component/option,com_docman/Itemid,0/task,doc_view/gid,534/ > Acesso em 25 de agosto de 2022.

4

A PRESERVAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM

PRESERVATION OF THE MEARIM RIVER HYDROGRAPHIC BASIN

Luis Carlos Carvalho Santos
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar a temática A preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim. Para tanto, serviu-se de base de estudo análises bibliográficas referentes ao tema com contribuições de alguns autores que tem relação com a área, com vista ser uma pesquisa mais assertiva com resultados nas organizações e sociedade. Em que a temática relativa à preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim ganha motivações de ser estudada com base em seu grau de importância na sociedade a cada dia pela sua relação direta em implicações que afetam diversas áreas da realidade, como social, ambiental, econômica, cultura e política. Assim, utilizou-se os conhecimentos desse campo a fim de uma melhor compreensão do universo em que se situa a preservação ambiental de espaços hídricos. O estudo tomou como norte a utilização de uma pesquisa de base descritiva, de natureza qualitativa, com revisão de caráter bibliográfico apoiado em documentos, leis vigentes e obras literárias que versam sobre a temática. A pesquisa traça relações quanto à preservação ambiental hídrica na bacia hidrográfica do Rio Mearim, com suas vantagens e desafios a partir do que a literatura da área preconiza. Para tanto, logo foram traçados os objetivos do estudo, depois fundamentado com o referencial teórico que serviu de embasamento científico a pesquisa. Desta forma, o trabalho de forma objetiva geral compreender dados relacionados sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim numa visão de como o rio é afetado com a poluição, a partir de narrativas possíveis dentro da comunidade científica e adoção de mecanismos de apoio junto aos problemas que afetem a bacia, com foco na exposição e interpretação das principais formas de poluição e degradação ambiental, de forma que haja uma melhor preservação das águas e uma melhor qualidade de vida para a população que depende diretamente da bacia hidrográfica em seu entorno. Partindo do pressuposto de que é uma área de discussão na sociedade contemporânea, exposta em congressos, academias e periódicos do campo ambiental e social, além de outras áreas, portanto em aprimoramento e utilidade.

Palavras-chave: Preservação; Bacia hidrográfica; Rio Mearim.

Abstract

The present study aims to analyze the theme The preservation of the Mearim River watershed. For that, it was used as a base of study bibliographic analyzes referring to the theme with contributions from some authors that are related to the area, with a view to being a more assertive research with results in organizations and society. In which the theme related to the preservation of the Mearim River watershed gains motivations to be studied based on its degree of importance in society every day for its direct relationship with implications that affect various areas of reality, such as social, environmental, economic, culture and politics. Thus, the knowledge of this field was used in order to better understand the universe in which the environmental preservation of water spaces is located. The study took as a guide the use of a descriptive research, of a qualitative nature, with a bibliographic review supported by documents, current laws and literary works that deal with the theme. The research traces relationships regarding water environmental preservation in the Mearim River basin, with its advantages and challenges based on what the literature in the area advocates. Therefore, the objectives of the study were soon outlined, later based on the theoretical framework that served as the scientific basis for the research. In this way, the work in a general objective way to understand data related to the Mearim River Basin in a vision of how the river is affected by pollution, from possible narratives within the scientific community and adoption of support mechanisms with the problems that

affect the basin, focusing on the exposure and interpretation of the main forms of pollution and environmental degradation, so that there is better preservation of water and a better quality of life for the population that depends directly on the river basin in its surroundings. Assuming that it is an area of discussion in contemporary society, exposed in congresses, academies and journals in the environmental and social field, in addition to other areas, therefore in improvement and usefulness.

Keywords: Preservation; Hydrographic basin; Mearim River.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa aborda o tema A preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim, de forma que envolve o contexto social, econômico, político e cultural em suas constantes formulações e adaptações nos mais variados aspectos e suas implicações acerca das compreensões e perspectivas de equilíbrio e forças que envolve esse contexto. O tema mostra é uma alusão direta a relação sociedade e natureza, em especial ao espaço definido como bacia hidrográfica, especialmente do Rio Mearim. Em que essa área de estudo é parte direta na vivência da sociedade, sobretudo daquela que ocupa e depende desses recursos naturais. Sendo que a bacia hidrográfica é parte considerável geograficamente de espaço com população em torno e com relação direta em diferentes aspectos da vida.

A pesquisa voltada para essa área socioambiental serve de pauta relevante na contemporaneidade, em que serve de marco para as organizações e os espaços acadêmicos em torno da área pautada em sua relevância, descrição e registros quando mostra que essa relação tem alinhamento inovador no mundo e não diferente localmente, desde o início de século XXI.

Desta forma, o tema serve de motivação em seu entendimento mais apurado e fonte para formação e desenvolvimento de profissionais e organizações e da comunidade científica que desejem apostar com maior assertividade nessa relação socioambiental. Desse modo, o problema desta pesquisa consistiu em buscar saber da relação ao seguinte questionamento: De qual forma pode-se ter uma melhor preservação das águas do Rio Mearim?

Desta forma, o presente trabalho objetivou de forma geral compreender dados relacionados sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim numa visão de como o rio é afetado com a poluição. E possui objetivos secundários de descrever sobre a preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim; explicar a forma como o rio é afetado pela poluição junto à população ribeirinha em seu sofrimento com esse problema; evidenciar sobre o que vem sendo feito para a diminuição da poluição do rio.

A metodologia deste trabalho caracteriza-se numa revisão bibliográfica em que faz um levantamento conceitual atualizado da temática, sem perder de vista os conceitos históricos da área a partir de autores renomados na área e suas obras, sobretudo dos últimos dez anos. Para tanto, nessa revisão bibliográfica de natureza qualitativa, utilizou-se artigos e livros que inclui os clássicos históricos no campo da Engenharia Ambiental com crivo científico. Assim, observou-se as expressões e palavras-chaves preservação, bacia hidrográfica, Rio Mearim, como premissas para o entendimento do ambiente socioambiental em sua estreita relação com as inovações da contemporaneidade.

Assim, percebe-se a grande importância que a água tem para o desenvolvimento da vida e que precisa ter mecanismos e estratégias mais cuidadosas com esses recursos



hídricos. E nesse contexto destaca-se a poluição dos rios que a cada dia vem sendo mais debatida nacional e internacionalmente, dessa forma visando criar medidas que possam ajudar a preservar uma das principais formas de acesso à água, que são os rios.

Nesse sentido, a estrutura do trabalho se deu em uma introdução e seus elementos essenciais, seguido de uma descrição acerca da Bacia hidrográfica do Rio Mearim e a poluição; mais a frente consta de detalhamento sobre A preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim; depois segue com A poluição junto aos ribeirinhos e sua diminuição; após finda-se com as considerações finais e referências utilizadas e consultadas para a presente pesquisa.

2. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM E A POLUIÇÃO

As relações do homem com a natureza se encontram em permanentes divergências ao invés de equilíbrio na sociedade atual, sobretudo no que se pauta na exploração sem precedentes que o homem faz da área, sem a devida preocupação e compreensão com gerações futuras e com os recursos finitos e esgotáveis da terra em declínio.

Com a invenção da agricultura há cerca de 10.000 anos, a humanidade deu um passo decisivo na diferenciação de seu modo de inserção na natureza em relação àquele das demais espécies animais. A agricultura provoca uma modificação radical nos ecossistemas. A imensa variedade de espécies de um ecossistema florestal, por exemplo, é substituída pelo cultivo/criação de umas poucas espécies, selecionadas em função de seu valor seja como alimento, seja como fonte de outros tipos de matérias-primas que os seres humanos considerem importantes (MAY, 2010, p. 06).

Nesse aspecto, como citado acima, as relações do homem com a natureza têm se dado de forma exploratória, desde os primórdios da humanidade ou tempos longínquos desse. Em que historicamente tem sido baseada em exploração e devastação sem racionalidade quanto às ações e perspectivas das vidas envolvidas na área.

Como reforça May (2010) ao afirmar que a partir da Revolução Industrial aumentou a capacidade da humanidade de atuar direto junto a natureza de forma interventiva, o que deu um novo salto colossal de forma contínua para aumentar sem cessar as problemáticas que envolvem os dois lados. No que é interessante notar da grande capacidade de intervenção fez provocar danos ambientais sem precedentes, o que também ofereceu em muitas situações formas de afastamento da humanidade junto as ameaças imediatas dos danos representados, na lógica de sobrevivência da espécie humana, com retardo na adoção de técnicas, bem como de procedimentos mais sustentáveis dessa relação.

Desta forma, como expresso acima pelo autor, as atividades tidas como alternativas e sustentáveis no trato com a natureza ganham mais importância quando partem de cumprimento de legislações afins. Leis que são frutos de muitas lutas e história de homens e mulheres que se sacrificaram para tornar essa realidade pauta de governos e sociedades.

Diante desse contexto histórico, o grande desafio hoje é conciliar desenvolvimento socioeconômico e preservação ambiental. É clara a opção por um crescimento desordenado sem preocupações como o meio ambiente. A preocupação das políticas públicas é unicamente com seu desenvolvimento econômico visando uma ideia de progresso pautada na exploração da natureza.

Nessa visão expressa Rodrigues (2019) que na utilização do ambiente como forma

sustentável, cabe considerar a preservação de um bem material, de maneira histórica no seu valor como edificações e monumentos, logo como no exemplo, implica manter intactas das características originais desde monumento, sendo que qualquer obra de restauração tem que passar por cuidadoso estudo, necessitando doo trabalho de profissionais em suas especializações, no caso de engenheiros, arquitetos, urbanistas, arqueólogos, historiadores, além de outros.

Desse modo, são diversas as formas de destruição da natureza com no caso de rios e suas margens que podem sofrer com a criação de balneários às margens e assim provocar impactos graves à vida do rio como assoreamento, poluição, retirada da vegetação ciliar, entre outras interferências que modificam a paisagem e alteram a qualidade da água.

Desde então, conforme o pensamento de Rodrigues (2019), desse evento revolucionário a nível mundial em todos os campos da vida humana e diante do recente crescimento e continuidade das cidades que vem apresentando, resta a cada município pensar um desenvolvimento sustentável que não se limite ao discurso.

São diversas as formas que têm poluído o Rio Mearim, desde a falta de situações relativas ao bem-estar urbano em sua estrutura e mobilidade urbana na cidade de Bacabal. São situações que são evidenciadas nas condições de serem trabalhadas pelo poder público como plausíveis (RODRIGUES, 2019).

O Rio Mearim situado em parte do território de Bacabal conta com participação direta e expressiva na Bacia Hidrográfica do Mearim, em que se pode observar em conjunto com outros rios pelo Estado do Maranhão, como expresso produção documental maranhense em:

A bacia hidrográfica do Rio Mearim, juntamente com a dos rios Munim e Itapecuru, compõe um conjunto de bacias hidrográficas que deságua no Golfão Maranhense. A bacia situa-se inteiramente no estado do Maranhão e drena uma área de aproximadamente 99.058,68km², o que corresponde a 29,84% do território estadual (NUGEO/UEMA, 2009 *apud* DTP/ARI, 2018, p. 52).

Em fazer parte desse conjunto de espaços, o Rio Mearim em Bacabal, por exemplo, compreende suas definições em torno de diversas situações e condições percebidas na cidade que se apresentam de forma negativa em termos de bem-estar ou em potencial para uma convivência equilibrada com o meio ambiente condizente com as demandas e legislações na área junto à sociedade (DTP/ARI, 2018),

A localidade nominada de Município de Bacabal se encontra em um espaço geográfico e político organizado em torno da vivência em um centenário (101 anos) de existência. Sendo o dia 17 de abril à sua emancipação política. No que sua história mostra ser um dos maiores e mais importantes do Estado do Maranhão, em termos de população e economia, além de extensão territorial. Consta na sua história a grande representação que teve durante os anos 80 com a expressiva produção de arroz, em que a elevou a maior do país na época, nesse sentido (LIMA, 2013).

Segundo Lima (2013) registra que esta cidade, Bacabal, fica localizada a cerca de 260 km de São Luís, capital do Estado do Maranhão. Suas coordenadas geográficas são 4°13'30"S, 44°46'48"W. E este município conta com 102,265 habitantes (IBGE/2010) e 1.683 km² de área em sua extensão territorial. Como percebido acima, a cidade de Bacabal consta com uma localização privilegiada em termos geográficos e de povoamento e espaço que representa no Estado do Maranhão. O que mostra ser relevante para a relação ambiental que mantém com a sociedade em seu entorno.

De acordo com o censo de 2000, a população se compunha de 91.823 pessoas habitantes, sendo 44.052 homens e 47.771 mulheres (LIMA, 2013). O mesmo autor ainda expõe que deste total de habitantes, 71.408 residem na zona urbana e 20.415 na zona rural. Atualmente a população está em mais de 100 mil pessoas (LIMA, 2013). Desse modo, consta na legislação brasileira, no Título I, das Disposições gerais e Capítulo I, consta do objeto e do campo de aplicação, no Art. 1º: Em que pela é instituído a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com disposição sobre seus princípios, com objetivos e instrumentos, além de sobre as diretrizes relativas à gestão integrada, e ainda ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos desde aos perigosos, às responsabilidades dos geradores, bem como do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis no país (BRASIL, 2010).

Como salientado acima, tais condições legais no contexto ambiental, são percebidas do pouco zelo pelas vias públicas com presença de lixo espalhado, ruas quebradas, sem pavimentação, sem árvores ou com pouca e sem diversidade de plantas, além da manutenção pouca ou quase negada. E ainda, sua piora se encontra na situação de galerias de escoamento de esgoto a céu aberto e perto das residências com mau cheiro e lixo acumulado (MACHADO; TORRES, 2012).

A Lei que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico (BRASIL, 2007, p. 7), mostra em sua disponibilidade, com áreas urbanas, com serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, e seu tratamento, com limpeza e fiscalização preventiva das redes, com adequação à saúde pública, além da proteção do meio ambiente e à segurança da vida e ainda do patrimônio público e privado em vista.

Desse modo, como exposto acima, consta na disponibilidade a partir de área localizada como urbana, em ser áreas urbanas que requerem de serviços constantes de drenagem como um cuidado habitual para então possibilitar melhor relacionamento com a comunidade no que pode servir o rio em suas potencialidades, uma vez que tem uso constante da comunidade em variados aspectos (MACHADO; TORRES, 2012).

No que diz respeito ao conceito de bacia hidrográfica, que é o que interessa nesse momento, Machado e Torres (2012) demonstram haver várias conceituações de acordo com alguns autores.

Também chamada bacia fluvial ou bacia drenagem, uma bacia hidrográfica é uma região hidrológica que pode ser definida como uma área de superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (COELHO NETO, 2007, P. 97 *apud* MACHADO; TORRES, 2012, p. 40).

Assim, os autores acima demonstram do significado conceitual de bacia hidrográfica no que sofre algumas variações que vão desde conceitos simples de uma área que é drenada por um rio principal, até ao mais complexo, de acordo com uma abordagem mais sistêmica e detalhada.

A bacia hidrográfica, conforme Silveira (1993 *apud* MACHADO; TORRES (2012 p. 40) consta de ser “a bacia hidrográfica compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por um curso d’água até resultar um leito único no exutório”. Como visto, a bacia em estudo mostra ser um conjunto de águas que servem de forma homogênea a uma região após recebido o volume de água diverso de outras fontes que a compõe.

Desta maneira, vale ressaltar para o que Guerra (1980) *apud* Machado e Torres (2012)

afirma relativo a noção de bacia hidrográfica em que obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, bem como de divisores de água, com seus cursos d'água principais, além de afluentes, subafluentes, entre outros. Sendo que uma bacia independente de sua dimensão possui inevitavelmente os componentes mencionados acima, pois sendo uma região hidrológica, apesar de receber conceituações diversas não exclui o fato de que necessariamente existam cabeceiras ou nascente.

Uma vez que qualquer curso d'água necessita de uma nascente, que em geral se localiza em áreas mais altas, como em regiões de serra ou montanhosas e vai sendo alimentado durante seu curso por outros cursos d'água, pelo lençol freático e pelas chuvas.

3. A PRESERVAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEARIM

Conforme Lima (2013, p. 20), essa bacia fica localizada na porção denominada de centro-norte do estado do Maranhão, como sendo uma área entre as latitudes de -4° a -8° S e com as longitudes de -48° a -44° W. Sendo eminentemente maranhense, ocupa uma área de 99.058,68 km², ocupando aproximadamente 29,84% da área total do estado, conforme o comitê de bacia hidrográfica do Mearim.

Assim, segundo ainda Lima (2013), a litológica da área comporta significativos depósitos de gipsita e bauxita, além de recentemente ganhar maior relevância por abrigar potencial para gás natural e possivelmente petróleo em condições econômicas de exploração.

Desse modo, essa bacia apresenta um relevo diferenciado, primeiro pela variação litológica, principalmente pelos depósitos de bauxita, associada ao comportamento da drenagem e pela influência estrutural. Além de evidenciar assim do seu potencial como área de exploração econômica. Em que se pode considerar uma bacia hidrográfica como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial (MACHADO; TORRES, 2012).

Nesse sentido, sua preservação passa pelo entendimento de que todos os cursos d'água vão dar inevitavelmente no principal rio do sistema, e em geral é esse rio que dá nome à bacia, do mesmo modo, o rio Mearim é o principal rio dessa bacia, fazendo, portanto, com que ela receba o nome de bacia hidrográfica do Mearim.

Nesse contexto, o Rio Mearim, conforme a CODEVASF (2014) é o principal rio dessa bacia, em que nasce na Serra da Menina entre os municípios de Formosa da Serra Negra, São Pedro dos Crentes e Fortaleza dos Nogueiras em altitude de 650 metros, percorrendo em toda a sua extensão cerca de 930 km de sua nascente até a foz na baía de São Marcos, na capital São Luís. Na foz do rio Mearim encontra-se a maior área de mangue do país, com cerca de 30 mil hectares, formando a chamada ilha do caranguejo.

De acordo com a CODEVASF (2014) a população urbana da bacia hidrográfica do rio Mearim é formada por 872.660 pessoas, enquanto a população rural é de 808.647 habitantes, ou seja, 48,1% da população da bacia. Os municípios mais populosos são Bacabal, Barra do Corda, Grajaú, Lago da Pedra, Presidente Dutra, Viana e Zé Doca.

Acreditar na sua preservação como uma demanda da região e do Estado é perceber que ao ter essa bacia hidrográfica em equilíbrio proporciona algo relevante para o meio ambiente e para as pessoas que dele precisam diretamente. Nisso, é relevante reconhecer do papel do Estado, dos povos ribeirinhos, e da sociedade em geral e suas organizações no trato de preservação desta fonte natural de vida.

O Planeta Terra é também chamado de “Planeta Água”, posto que 70% de sua superfície é coberta por água. A água está em todos os sistemas da Terra, desde a composição das células dos organismos vivos, atuando no transporte de partículas/substâncias e gases. A água é fonte da vida, afinal, na origem do planeta Terra há aproximadamente 4,6 bilhões de anos, foi a presença de muita água, gases e relâmpagos juntos, que possibilitou o surgimento de substâncias que fizeram da Terra um ambiente propício à vida. Foi nos oceanos que surgiram as bactérias e algas, além de microrganismos, isso há cerca de 3 bilhões e 500 milhões de anos, os quais possibilitaram o surgimento de outros seres. Portanto, não importa quem somos, o que fazemos, onde vivemos, dependemos da água para viver (ALVES, 2019, p. 4).

Observando dados do planeta terra como acima torna-se urgente a necessidade de um projeto de desenvolvimento mais preocupado com o meio ambiente, no entanto isso depende de uma ação conjunta entre poder público e sociedade civil no papel de fiscalizadora.

Cabe registrar de forma histórica que na sociedade industrial moderna a água, talvez mais que nas civilizações antigas tenha ocupado um papel notável. Nas últimas décadas com o incremento no que diz respeito aos recursos hídricos. Em que a bacia hidrográfica eleita como unidade territorial preferencial desses estudos, dando subsídio tanto ao planejamento ambiental e territorial quanto fundamentando boa parte da legislação ambiental no Brasil e em vários países (MACHADO; TORRES, 2012).

O homem desde que tomou consciência do poder que sua racionalidade lhe conferia tem trabalhado de forma a transformar a natureza visando um ideal de progresso, fruto dos ideais iluministas. Imbuído desse desejo de progresso tem visto na natureza uma fonte potencial geradora de progresso e lucro.

Dessa forma, cumpre perceber de expressões na área que se tornam cada dia mais comum no jargão popular, o que representa um avanço na área ambiental, como:

Sustentável é o que pode ser mantido. Em ecologia pode-se dizer que todo ecossistema tem algum grau de sustentabilidade ou resiliência, que *grosso modo* pode ser entendido como a capacidade do ecossistema de enfrentar perturbações externas sem comprometer suas funções (MAY, 2010, p. 100).

No entanto, é controverso pensar uma melhor qualidade de vida baseado na exploração descontrolada da natureza, porém isso nunca foi tão intenso quanto nos dias de hoje, pois de posse de uma infinidade de técnicas que facilitam o trabalho de modificação da natureza a humanidade tem se encaminhado em direção a ele.

Sobre isso Porto-Gonçalves (2006) afirma quanto a que denomina de um dos pilares da sociedade considerada moderna, em que foca no progresso humano, em que esse advém da dominação da natureza por meio da ciência, além de sua forte aplicação tecnológica no meio em que se relaciona.

A ciência e a técnica têm assumido de maneira cada vez mais intensa nas sociedades ocidentais um papel determinante para o progresso e o desenvolvimento econômico de suas nações. Ambas, tais como se conhece têm se desenvolvido especialmente desde o século XVIII a partir da matriz eurocêntrica, colocando a natureza a serviço de fins econômicos e lucrativos, como algo extremamente importante para uma sociedade que sobrevive da exploração, seja do próprio homem, seja da natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006).

Nesse contexto, o homem demonstra ter quase que instintivamente “talento” para

submeter o Outro. Parece ter verdadeira compulsão por dominar. Ao longo dos séculos, o que foi possível dominar, assim ele o fez, e a natureza faz parte de seus domínios. Agindo para esse fim, ele a modificou e a submeteu à sua vontade, a cada dia com novas técnicas e com mais intensidade continua por fazê-lo.

O que para Battestin e Ghiggi (2010) tratando do princípio responsabilidade, expõem que Hans Jonas determinou sobre o Princípio Responsabilidade em que este trata-se de uma ética em que o mundo animal, também vegetal, bem com mineral, e ainda biosfera e estratosfera passam a fazer parte de uma esfera de responsabilidade. Casos de uma reflexão sobre a incerteza da vida futura, como resultante de um equívoco cometido ao isolar, sobretudo o ser humano do restante daquilo que faz parte da natureza (sendo o homem a própria Natureza).

Assim, evidencia-se uma crise de proporções gigantescas, pois não se trata de um problema ligado somente ao modo de produzir, mas a algo mais profundo, subjetivo, ético, que se reflete na conduta humana em relação a outro. O que calha diretamente sob a visão de investimentos contínuos em indústrias e desenvolvimento dos países sem o devido cuidado ambiental, como mostra os autores abaixo em definir que na maioria dos países em desenvolvimento estes crescem na área industrial como sendo uma prioridade. Logo, aumenta a poluição e seu efeito sobre o meio ambiente de forma direta, o que faz com que seja preocupante tal situação. Entretanto, evidencia-se que os problemas ambientais estão se tornando relevantes demais para que sejam simplesmente ignorados. Uma vez que poluição ácida pode ser mais mortífera, sobretudo em países em desenvolvimento em detrimento dos industrializados (HINRICHS; KLEINBACKH; REIS, 2014).

O que coloca em xeque que talvez, o longo período de sociedades de bases capitalistas e o processo de secularização e laicização que o ocidente tem atravessado esteja tornando o homem um ser cada vez mais individual e descomprometido com sua própria geração e também com as gerações futuras.

Nesse aspecto Jonas afirma da responsabilidade humana com a natureza, sob bases éticas. Desta forma, as escolhas e os acontecimentos sociais, políticos, culturais e religiosos que ocorreram na Europa séculos atrás mudaram tão drasticamente o destino da humanidade que fica difícil imaginar como seria se a humanidade não tivesse trilhado por esse caminho (BATTESTIN; GHIGG, 2010). O que expõe dos movimentos que colocaram o homem em uma posição tão privilegiada que talvez não imaginassem que aliados a essa forma de sociabilidade predominante no mundo hoje.

Segundo Fonseca e Bursztyn (2007, p. 172) a relação homem e natureza consta em debate necessário, em:

Ter o discurso ambientalista como norma social, passível de gerar lucro ou prejuízo simbólico, possibilita que o fato de dizer-se “ambientalmente correto” possa ser uma estratégia de determinados atores sociais, visando posições socialmente (e economicamente) vantajosas.

E desta forma, a questão ambiental tem se tornado um tema estratégico em meio à problemática global que se enfrenta, favorecendo a geração de capital. Em que tem sido alvo e até se tornado marketing de vantagem empresarial em detrimento do cuidado ambiental necessário.

Uma estatística cada vez mais chocante relacionada à poluição atmosférica é que quase 2 milhões de pessoas (a maioria mulheres e crianças dos países

em desenvolvimento) morrem anualmente devido à poluição associada com fornos de cozinhar internos. Cerca de 1/3 da população mundial depende de fogueiras e fornos ineficientes para preparar suas refeições diárias. Madeira, carvão de lenha, restos de plantações e gravetos são alguns dos combustíveis usados (HINRICHS; KLEINBACKH; REIS, 2014, p. 334).

Desse modo, cabe relatar de que a vida humana no planeta terra tem cada vez mais relação direta com o cuidado do Estado, organizações e pessoas quanto ao meio ambiente, numa perspectiva de perceber, como no exemplo acima, de que a poluição atmosférica atinge um contingente cada vez maior de pessoas.

E que as atividades industriais ou de trabalho, algumas, ainda necessitam mudar radicalmente para atender a essa demanda de minimizar os impactos ambientais inerentes à poluição atmosférica e a saúde humana em contrapartida direta. Situação que envolvem governos, organizações e sociedade civil organizada em mobilizações afins.

4. A POLUIÇÃO JUNTO AOS RIBEIRINHOS E SUA DIMINUIÇÃO

A preservação ambiental e o ambientalmente correto tem atraído diferentes benefícios nas mais diferentes esferas da sociedade, mas especialmente na política, prova disso são as criações de partidos verdes e infundados discursos que nenhum compromisso efetivo parece possuir com a prática, no entanto a teoria se tornou indispensável.

A sustentabilidade retrata algo como sendo possível de ser mantido. Que se volta para conceitos ecológicos, do ecossistema com acentuado grau de sustentabilidade, ou ainda a chamada resiliência. Ou seja, da capacidade de o ecossistema enfrentar e superar danos, perturbações externas sem correr risco de comprometer as funções que lhe é própria (MAY, 2010).

Para tanto, na visão deste mesmo autor, o desenvolvimento sustentável preconizado na literatura não condiz com o que a mídia de forma geral propaga patrocinada por grandes empresas e governos em tirar proveito progressivamente desse campo. Uma vez que se têm instalado nas cidades e localidades empresas em busca de mão de obra barata e matéria-prima de qualidade causando enormes impactos ambientais e tudo isso com completa parceria do poder público municipal em nome do progresso.

E assim, a preocupação com o meio ambiente é sem dúvidas, apenas discursiva, visando somente posição econômica e, socialmente vantajosa. Logo, constata-se que o que interessa é a questão ambiental no seu poder em servir de mero marketing político visando interesses particulares (HINRICHS; KLEINBACKH; REIS, 2014).

Nesse aspecto, a maioria de países emergentes cresce em sua indústria como sendo uma prioridade, sem se preocupar com a poluição e seus efeitos no meio e para as pessoas, mesmo elas mesmos. Não se tem como prioridade essa preocupação nestes países. Embora os problemas ambientais cada dia mais se tornam relevantes no contexto social, econômico, entre outros aspectos atingidos, e também ao mesmo tempo ignorados. Como da poluição ácida com mais mortífera em países emergentes dos que noutros industrializados (HINRICHS; KLEINBACKH; REIS, 2014).

Nesse aspecto, os mesmos autores acima salientam que existem diversas ações em prol do meio ambiente de forma verdadeira e sem o devido e mesquinho interesse não ganha à visibilidade das massas e até passam despercebidas. O que torna o desafio da preservação ainda maior frente à humanidade cada vez mais alienada em torno de situações

de desconhecimento em face da problemática ambiental.

Uma estatística cada vez mais chocante relacionada à poluição atmosférica é que quase 2 milhões de pessoas (a maioria mulheres e crianças dos países em desenvolvimento) morrem anualmente devido à poluição associada com fornos de cozinhar internos. Cerca de 1/3 da população mundial depende de fogueiras e fornos ineficientes para preparar suas refeições diárias. Madeira, carvão de lenha, restos de plantações e gravetos são alguns dos combustíveis usados (HINRICHS; KLEINBACKH; REIS, 2014, p. 334).

Sendo desta forma, os problemas ambientais atuais como resultado de processos milenares de transformação da relação da humanidade com a natureza sem a devida responsabilidade. Campo que apresenta necessidade de acalorados debates e planejamentos resultantes de discussões a nível mundial.

O planejamento e a prestação dos serviços de saneamento básico ainda são desafios para os titulares dos serviços e para especialistas envolvidos no assunto, uma vez que o conflito entre as reais condições e necessidades dos Municípios é marcado fortemente pelo processo de gestão do setor e principalmente pela desigualdade social brasileira. Muitos têm sido os esforços empreendidos na busca de equacionar os problemas para minimizar os déficits, para possibilitar a ampliação gradual da cobertura dos serviços com qualidade e quantidade, na elaboração ou reformulação de instrumentos legais que ordenem a gestão dos serviços, entre outros. Contudo, a sustentabilidade técnica e econômica dos serviços permanece como um obstáculo a ser superado (DTP/ARI, 2018, p. 31).

As transformações modificaram profundamente a superfície da terra e as condições de sobrevivência em um ambiente natural apropriado à vida, existe mesmo antes do aparecimento da humanidade. O que demanda de perceber e intervir de forma racionalizada e cuidadosa nesse campo.

Essa preocupação perpassa por gestões, sobretudo as governamentais em cumprir com seus papéis nesse contexto ambiental como mencionado acima em documento oficial de um município brasileiro voltado para o atendimento desse campo.

Conforme Bursztyn e Bursztyn (2012, p. 66), durante 200 mil anos desde o surgimento do homo sapiens, os seres humanos que viviam exclusivamente da pesca, da caça e da coleta, eram totalmente dependentes da natureza. No entanto, levando em consideração o contingente populacional da época, os impactos de suas ações eram bastante tênues. Em que a população do planeta nesse momento poderia ser estimada em 10 milhões de pessoas.

Com a revolução neolítica a ação do homem se torna mais intensa. Surgem as primeiras sociedades agrárias, dedicadas à criação de animais, à irrigação, à construção de reservatórios d'água e de cereais. É nesse momento que a agricultura se consolida e o homem passa a transformar o meio natural para obter produtos animais e vegetais que podiam exceder as necessidades imediatas e assim serem estocados em seus reservatórios (BURSZTYN; BURSZTYN, 2012).

Situação que vem tornando o homem capaz de dominar técnicas de trabalho e passar a sobreviver da agricultura e da pecuária, nesse período, e continuamente aprimorado. Assim, os primeiros danos ao ambiente natural foram inevitáveis, ainda que de forma pou-

co significativa como consta.

Na atualidade, o exercício do domínio humano sobre o ambiente natural tem se dado de forma mais sofisticada e cada vez mais intensa, como consequência dessa apropriação recente passaram a acelerar os danos e resultando dessas nocivas ações e que são sentidas também de modo mais acelerado e intenso (MAY, 2010).

Assim, constata-se de que dentre os desafios mais urgentes referentes à temática Bacia Hidrográfica do Rio Mearim, trata-se de contar com um Plano Diretor bem elaborado pela cidade de Bacabal com uma das maiores e mais beneficiadas pelo Rio Mearim. Todavia uma das que mais polui e desgasta suas margens com atividades diversas de poluição e degradação.

Uma melhor preservação das águas do Rio Mearim se dará a partir do recontato com a causa, os cuidados legais a serem dados, com o cumprimento do poder público de seu papel enquanto defensor e mobilizador principal da situação que envolve essa área e esses recursos naturais.

Faz-se necessário voltar-se a atenção maior para o cuidado com o planeta terra e localmente quanto às águas do Rio Mearim em sua grande quantidade de utilidade a sociedade, desde o uso humano e ainda para empresas e agricultura. Diante disso, percebe-se da grande importância que a água tem para o desenvolvimento da vida e que precisa ter mecanismos e estratégias mais cuidadosas com esses recursos hídricos partindo do Estado em suas três instancias governamentais, com foco principal local.

Assim, a cidade de Bacabal afirma-se como uma das mais bem localizadas e providas de recursos humanos e materiais que podem ser fundamentados na legislação pertinente para execução de ações reparadoras e preventivas ao Rio Mearim em sua tão importante representação para a sociedade.

A problemática de poluição do rio Mearim, sobretudo sua minimização perpassa por ações reparadoras e fiscalizadoras da área, alinhadas a programas e projetos de cuidado com os resíduos sólidos produzidos e descartados na cidade. Uma vez que na atualidade as formas que são identificadas não passam pelo devido crivo profissional e responsável a contento.

Dentre as possibilidades de cuidado maior com o Rio Mearim para Bacabal, constam e se afirmar de poder criar, dentre outros mecanismos, um centro de tratamento de esgoto, além de fazer uma nova rede de esgoto na região, com a finalidade de direcionar todo esse esgoto que é derramado diretamente no rio, para que seja levado para central de tratamento, e depois de tratada, a água poderá ser devolvida para o curso do rio, além de utilizadas em atividades da agricultura e indústria.

Além de outro desafio plausível a ser encarado por gestores públicos, ativistas, Organizações Não Governamentais e comunidade local, em conjunto, diante dessa situação de preservação ambiental. Uma vez que à medida que se conhece a relação de problemas que afetem o rio, com foco na exposição e interpretação das principais formas de poluição, percebe-se da necessidade de compreender o bem-estar social vinculado a essa realidade e sua condicionalidade na melhor preservação das águas e uma melhor qualidade de vida para a população que depende diretamente da água do rio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, pode-se constatar que a temática A preservação da bacia hidro-

gráfica do Rio Mearim mostra ser logo muito relevante em termos ambientais, como também do ponto de vista social, além de outros aspectos como econômico, cultural e político. Uma vez que trata-se de um espaço muito envolvente e representativo para a sociedade, sobretudo no entorno dessa área.

Desse modo, o contexto que a pesquisa apresenta destaca as problemáticas que estão ligadas a essa área ambiental com sua relação com outras áreas, a contar da necessidade de preservação e utilização de estratégias para mitigar cuidados a partir da iniciativa pública em conjunto com outros atores locais, como de comunidades ribeirinhas ao rio e organizações que tem relação com esse espaço de forma direta.

Cabe destacar que a vivência da sociedade no entorno depende diretamente do equilíbrio no uso dos recursos naturais que são disponíveis na bacia hidrográfica do Rio Mearim. Assim, esta área socioambiental serve de pauta relevante na contemporaneidade, como um marco para as organizações e outros espaços em reflexões, estudos e formulações de potenciais soluções em torno da área pautada por conta de sua relevância para o meio.

Assim, a problemática da pesquisa foi respondida a contento, com vista adotar uma melhor preservação das águas do Rio Mearim partindo da ideia de reflexões no conjunto de pessoas e organizações que utilizam diretamente e aqueles que contam com convicções acerca da necessidade de preservação e uso mais racionalizado dos recursos naturais desta área, com vista a prática sustentável da bacia.

Desta forma, os objetivos da pesquisa foram alcançados, haja vista os registros e conceitos com contribuições de diversos autores e documentos mostrarem que a Bacia Hidrográfica do Rio Mearim tem sido afetada de forma criminosa pelo uso irracional do homem em suas margens e desta área como um todo, sem a devida orientação de organizações responsáveis com crivo sustentável.

Além do mais a pesquisa descreveu quão necessário é a preservação da bacia hidrográfica do Rio Mearim com explicativas da forma como o rio é afetado, sobretudo pela poluição junto à população ribeirinha em com vista o sofrimento com esse problema, algo que pode ser pensado e articulado em se evitar, sobremaneira em diminuir a poluição junto ao rio.

Constata-se finalmente, a grande importância que a água tem para o desenvolvimento da vida, logo precisa ter mecanismos e estratégias mais cuidadosas com esses recursos hídricos, o que se denomina de sustentável. Em destaque perceber a poluição dos rios como criminosa e que a cada dia vem sendo mais debatida nacional e internacionalmente. No que compete criar medidas que possam ajudar a preservar uma das principais formas de acesso à água por meio dos rios, como o Mearim.

Referências

ALVES, Lidiane Aparecida. Estudo de bacia hidrográfica no ensino de geografia. **XV Forum ambiental**. Alto Paulista. 26 a 28 de junho de 2019. Trabalho Inscrito na Categoria de Artigo Completo ISBN: 978-85-68242-94-0.

BRASIL. **Lei Nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007**. Lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Disponível em: <file:///C:/Users/Jakson/Desktop/A%20JAKSON%20TRABALHOS%202020/SAMARA%20STORCH/Lei%20n%C2%BA%2011.445.html>. Acesso em: 04 out. 2022.

BRASIL. **Lei 11.445/2007- Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm. Acesso em: 04 set. 2022.



- BRASIL. **Lei 12.305/2010-Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 04 set. 2022.
- BATTESTIN, C.; GHIGGI, G.. O Princípio Responsabilidade de Hans Jonas: um princípio ético para os novos tempos. In: **Thaumazein**, Ano III, número 06, Santa Maria (Outubro de 2010), pp. 69-85. Disponível em: <http://sites.unifra.br/Portals/1/ARTIGOS/numero06/battestin5.pdf>. Acesso em: 20 maio 2022.
- BURSZTYN Maria Augusta; BURSZTYN, Marcel. Evolução histórica da questão ambiental: Dos primórdios até o Relatório Brundtland In: **Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade**. Garamond. 2012.
- CODEVASF. **Bacia do Mearim é a maior do Maranhão**. 2014. Disponível em: <http://www.codevasf.gov.br/noticias/2014/bacia-do-mearim-e-a-maior-do-maranhao>. Acesso em: 03 set. 2022.
- DTP/ARI. Prefeitura Municipal de Arari. **Diagnóstico Técnico-Participativo – Produto C (Versão Preliminar)** – Plano Municipal de Saneamento Básico. Arari, 2018.
- FONSECA, Igor Ferraz da; BURSZTYN, Marcel. *Mercadores de moralidade: a retórica ambientalista e a prática do desenvolvimento sustentável*. In: **Ambiente & Sociedade**, Campinas v. X, n. 2, p. 171-188, jul.- dez. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v10n2/a13v10n2.pdf>. Acesso em: 10 out. 2022.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- HINRICHES; Roger A.; KLEINBACH; Merlin; REIS; Lineu Belico dos. **Energia e Meio Ambiente**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- LIMA, Alex de Sousa. **Análise geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mearim- MA a Partir do quadro geológico regional**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2013, 142 p. Tese de doutorado.
- MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. Introdução à hidrogeografia. In: **Bacia hidrográfica**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- MAY, Peter H. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- PORTO-GONÇALVES, Carlos Walter. **Aquecimento global e mudança climática global: de efeito estufa e de afeitos do capitalismo**, Brasil, 2006.
- Prefeitura Municipal de Arari. **Diagnóstico Técnico-Participativo – Produto C (Versão Preliminar)**. – Plano Municipal de Saneamento Básico. 2018.
- RODRIGUES, Edvaldo. A preservação do patrimônio cultural da humanidade como um direito subjetivo e exercício de cidadania. Edvaldo Rodrigues. **Mosaico** –Volume 10 – Número 16 – Ano 2019.

5

OS IMPACTOS AMBIENTAIS ORIGINADOS DEVIDO O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: REJEITO INDUSTRIAL DE UMA COMPANHIA MINERADORA QUE AFETOU O MUNICÍPIO DE MARIANA-MG

THE ENVIRONMENTAL IMPACTS ORIGINATED DUE TO THE FAILURE OF THE FUNDÃO DAM: INDUSTRIAL TAILINGS FROM A MINING COMPANY THAT AFFECTED THE MUNICIPALITY OF MARANA-MG

Pablo Jorge Pires Bastos
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

As negligências ambientais associadas à ineficiência no gerenciamento integrado das barragens de rejeitos, que conseqüentemente acarretou um dos maiores desastres ambientais já vistos no país, provocou uma série de impactos negativos no meio ambiente, que afetou a qualidade dos corpos hídricos e do solo, e ocasionou grande perda da biodiversidade, dos ecossistemas, e da produtividade agrícola. Este trabalho teve como objetivo, descrever através de uma revisão bibliográfica, os impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão. Para isso, são destacados os potenciais impactos causados pelo rompimento da barragem, as legislações que asseguram a proteção do meio ambiente, as sanções penais aplicadas às partes responsáveis pelo desastre, e as medidas para recuperação dos impactos ambientais. Com base na pesquisa, concluiu-se que o desastre ambiental acarretou diversos impactos socioambientais significativos, muitos destes até irreversíveis. Entretanto, foram estabelecidos planos e programas para compensação e recuperação ambiental dos danos ocasionados, considerando os aspectos socioeconômicos na região afetada.

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Rompimento de Barragem. Desastre Ambiental. Barragem de Fundão. Mariana.

Abstract

The environmental negligence associated with inefficiency in the integrated management of tailings dams, which consequently led to one of the biggest environmental disasters ever seen in the country, caused a series of negative impacts on the environment, affecting the quality of water and soil, and causing great loss of biodiversity, ecosystems, and agricultural productivity. This paper aims to describe, through a literature review, the environmental impacts resulting from the collapse of the Fundão dam. To this end, the potential impacts caused by the dam failure are highlighted, as well as the laws that ensure the protection of the environment, the criminal sanctions applied to the parties responsible for the disaster, and the measures for the recovery of environmental impacts. Based on the research, we conclude that the environmental disaster caused several significant social and environmental impacts, many of them even irreversible. However, plans and programs were established for compensation and environmental recovery of the damage caused, considering the socioeconomic aspects in the affected region.

Keywords: Environmental Impacts. Dam Breach. Environmental Disaster. Fundão Dam. Mariana.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério Público Federal, no dia 5 de novembro de 2015, aproximadamente às 15h30, aconteceu o rompimento da barragem de Fundão, situada no complexo industrial, município de Mariana/MG. O empreendimento, sob a gestão da Samarco Mineração S/A, empresa controlada pela Vale S/A e Broken Hill Proprietary Company Limited - BHP Billinton, estava localizado na Bacia do rio Gualaxo do Norte, afluente do rio do Carmo, que é afluente do rio Doce. Em virtude do colapso, a barragem de Fundão ocasionou o extravasamento imediato de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro e sílica, entre outros particulados, outros 16 milhões de metros cúbicos continuaram escoando lentamente (BRASIL, 2015).

Antes de mais nada, a atividade minerária, é considerada uma das mais importantes para o desenvolvimento econômico do Brasil, devido ao fornecimento de recursos para produção em variadas indústrias. Entretanto, essa prática pode ocasionar sérios danos ao meio ambiente, como o rompimento da barragem de Fundão, visto como um dos maiores desastres ambientais que aconteceram na história do país. É necessário, a adequação da exploração minerária conforme a legislação ambiental e aplicação de tecnologias que visem a racionalização da água, práticas de reuso e diminuição na geração de resíduos, de forma a tornar a atividade menos nociva ao meio ambiente. Dessa forma, a identificação dos impactos ambientais no desastre ambiental em Mariana, permite o gerenciamento dos aspectos ambientais para a avaliação e elaboração de estudos de reparação aos danos causados.

Em virtude da conjuntura, a fatalidade ocorrida em Mariana, foi apontada por autoridades e também por estudiosos, como o maior desastre ambiental na história do Brasil. Além disso, destaca-se que a cidade é conhecida por significativas reservas de minério, por isso, têm sido explorada por diferentes indústrias de mineração. Entretanto, a constante busca, acarretou diversas complicações, com a alta disposição dos rejeitos provenientes do beneficiamento mineral. Como resultado, a ineficiência da gestão integrada de monitoramento e armazenamento de rejeitos, foi relevante para o ocorrido. Em síntese questionam-se, quais os impactos ambientais foram ocasionados devido ao rompimento da barragem de Fundão na cidade de Mariana?

Portanto, este trabalho visa descrever, através de uma revisão bibliográfica, os impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem de Fundão situada em Mariana, e que integra o Quadrilátero Ferrífero – localizado ao centro-sul do Estado de Minas Gerais (área de 7.000Km²), junto com outras cidades mineiras como Sabará, Santa Bárbara, Itabirito, Nova Lima, Congonhas e Ouro Preto, que representam a maior produção de ferro do país, conforme o jornal Unicamp (2018). Desse modo, identificar os principais impactos ambientais na área do distrito de Bento Rodrigues. Em seguida, destacar possíveis penalidades aplicadas às empresas envolvidas no desastre, e na sequência, caracterizar medidas de recuperação ambiental nas regiões impactadas pelos rejeitos de mineração.

Dessa maneira, a pesquisa a ser realizada, será uma revisão de literatura, onde serão pesquisados livros, laudos técnicos, revistas, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: SCIELO, CAPES e Google Acadêmico. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 7 anos. E em resumo, as palavras-chave utilizadas na busca serão: Barragem de Fundão; Acidente Ambiental; Mariana.

2.IMPACTOS AMBIENTAIS NO DISTRITO DE BENTO RODRIGUES, EM MARIANA (MG)

No que tange relatos, segundo a Prefeitura de Mariana, a extração do minério de ferro é, ou por assim dizer, foi, a principal atividade industrial do município, forte geradora de empregos e receita pública. Seus distritos desenvolvem atividades agropecuárias e apresentam artesanato variado, expressando a diversidade cultural de Minas Gerais. Inclusive, assim como Mariana, o subdistrito de Bento Rodrigues carrega toda uma história ligada à mineração. Fundada em fins do século 17, pelo bandeirante paulista de mesmo nome, foi um dos primeiros distritos auríferos das Minas Gerais e ponto de passagem para Ouro Preto e Diamantina (locais de extração de ouro e diamante no século 18) (MARINA LIMA DA SILVA, 2017).

Em virtude do município de Mariana e seu subdistrito serem integrantes do Quadrilátero Ferrífero – localizado ao centro-sul do Estado de Minas Gerais (área de 7.000Km²), - que junto com outras cidades mineiras como Sabará, Santa Bárbara, Itabirito, Nova Lima, Congonhas e Ouro Preto respondem pela maior produção de ferro do País. Todavia, a tragédia ocorrida pelo colapso da barragem de Fundão foi particularmente dramática, haja vista suas consequências ambientais de grande complexidade desencadearam muitos prejuízos. A represa, (Fundão) encontrava-se no município de Mariana/MG e foi e foi especificamente construída para servir de depósito dos resíduos gerados durante o processo de mineração de ferro. Pertencente à empresa Samarco S/A, cujos acionistas majoritários são a Companhia Vale do Rio Doce e a anglo-australiana BHP *Bilinton* (LOPES, 2016). Conforme localizada e apontada na Figura 2.



Figura 1 – Localização da barragem de fundão, em relação a Bento Rodrigues e Mariana-MG

Fonte: Jornal - Folha de São Paulo (2017).

De acordo com o Ministério Público Federal (2015), a fissura da estrutura da barragem do Fundão ocasionou o extravasamento imediato de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério de ferro e sílica, entre outros particulados, outros 16 milhões de metros cúbicos continuaram escoando lentamente. O material liberado logo após o rompimento formou uma grande onda de rejeitos, atingindo a barragem de Santa-rém, localizada a jusante, erodindo parcialmente a região superior do maciço da estrutura e galgando o seu dique, após incorporar volumes de água e rejeitos não estimados que ali se encontravam acumulados.

Em sua rota de destruição, à semelhança de uma avalanche de grandes proporções,

com alta velocidade e energia, a onda de rejeitos atingiu o Córrego de Fundão e o Córrego Santarém, destruindo suas calhas e seus cursos naturais. Em seguida, soterrou grande parte do Subdistrito de Bento Rodrigues, localizado a 6 km da barragem de Santarém, dizimando 19 vidas e desalojando várias famílias. Já na calha do rio Gualaxo do Norte, a avalanche de rejeitos percorreu 55 km até desaguar no rio do Carmo, atingindo diretamente várias localidades rurais, como as comunidades de Paracatu de Baixo, Camargos, Águas Claras, Pedras, Ponte do Gama, Gesteira, além dos municípios mineiros de Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2015).

Entretanto, conforme o Art.1º da Resolução – CONAMA (1986), Conselho Nacional do Meio Ambiente, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas. Em outras palavras, impacto ambiental é a alteração de alguma das características do meio ambiente através de alguma atividade realizada pelo homem que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (BOM, 2022).

Evidentemente, no parágrafo anterior, o artigo 1º da Resolução CONAMA, (1986) conceitua com clareza os indicadores de referência para impactos ambientais. Logo, a maior catástrofe ambiental ocorrida no subdistrito de Bento Rodrigues na cidade de Mariana-MG, mostra um panorama exemplar e muito relevante no que se refere a impactos ambientais. Para Sergio Borges (2017), o desastre ambiental deflagrado em Mariana, Minas Gerais, em decorrência do rompimento de uma barragem de rejeitos de minério de ferro — Fundão, de responsabilidade da empresa Samarco, provocou uma grande catástrofe com danos ambientais devastadores.

De acordo com o MPF (2015) em seu relatório prévio, foi observado que no trecho entre a barragem de Fundão e a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves (também conhecida como UHE Candonga), a passagem da onda de rejeitos ocorreu de forma mais violenta, acarretando o transbordamento de um grande volume de rejeitos para as faixas marginais do rio Gualaxo do Norte e rio do Carmo. Observou-se, também, nessa área a deposição de rejeitos sobre o leito dos rios e vastas áreas marginais, soterrando a vegetação aquática e terrestre, destruindo habitats e matando animais (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2015 p.1).

2.1 Impactos Ambientais Decorrentes ao Rompimento

Imediatamente, logo após o acidente e de acordo com o Laudo Técnico preliminar do IBAMA (2015), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, foi possível identificar os seguintes impactos: Destruição de áreas agrícolas e pastos; Destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa de Mata Atlântica, mortandade de biodiversidade aquática e fauna terrestre; Assoreamento de cursos d'água; Interrupção da pesca por tempo indeterminado; Destruição de ecossistemas; Alteração dos padrões de qualidade da água doce, salobra e salgada; Mudança na geomorfologia do rio devido à deposição de rejeitos nas margens e leitos do rio; Deterioração da qualidade da água; Perda de comunidades bióticas; Interrupção do abastecimento de água; Contaminação de águas; Prejuízo ao solo; Perda e fragmentação de habitats; Perda da produtividade agrícola; Perda da biodiversidade; Restrição ou enfraquecimento dos serviços ambientais dos ecossistemas (IBAMA, 2015 p. 1).

Em síntese, Hayanne Araujo da Costa e Silva (2020), relatam que considerando a perda da biodiversidade, a destruição de ecossistema, os prejuízos ao solo, a morte de pessoas e a

destruição de bens imateriais constituem impactos negativos irreversíveis, é fundamental, além das alternativas mitigadoras, implantar e implementar alternativas compensatórias, de modo a amenizar os efeitos adversos sobre os sistemas ambientais, sociais e econômicos.

Estas medidas envolvem investimentos de recursos financeiros originados de multas aplicadas aos ajuizados culpados para recuperação de áreas degradadas, na indenização das famílias afetadas e na recuperação das instituições públicas de saúde e de educação e do comércio da região abrangida. É indispensável conceder moradias dignas à população e promover a restauração dos bens culturais, com formação técnica de pessoas para preservação do patrimônio cultura. Soma-se a necessidade de fiscalizar e monitorar as ações previstas no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e no Plano de Gestão Ambiental (PGA), investir na capacitação profissional dos trabalhadores e colocar em prática as sanções impostas pelos órgãos competentes, no sentido de mitigar os impactos negativos reversíveis e recuperar condições de vida dignas de diferentes seres vivos, a exemplo dos seres humanos (COSTA; SILVA, 2020).

3. PENALIDADES APLICADAS ÀS EMPRESAS ENVOLVIDAS NA TRAGÉDIA

Em primeiro lugar, a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, conhecida como Conferência de Estocolmo, realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, foi a primeira Conferência global voltada para o meio ambiente, e como tal é considerada um marco histórico político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gerenciamento ambiental, direcionando a atenção das nações para as questões ambientais. Essa nova visão culminou com proposições que demandaram o engajamento comprometido dos Estados, com a cooperação internacional em matéria de meio ambiente, resultando em uma nova ordem incorporada no seio do sistema jurídico nacional dos Estados, gerando verdadeiro Direito Ambiental (PASSOS DE CALMON, 2009).

Logo após a conferência, o ano 1981 se mostrou determinante no Brasil, no que diz respeito à questão ambiental. O governo federal, por intermédio da SEMA, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) (Lei Federal n.6.938, de 31 de agosto de 1981), pela qual o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) foram criados, instituindo também instrumentos como Padrões de Qualidade Ambiental, Zoneamento Ambiental, Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), Licenciamento Ambiental e o Sistema Nacional de Informações Ambientais. No mesmo ano o governo promulgou a Lei Federal n.6.902, de 27 de abril, dispondo sobre a criação de Áreas de Proteção Ambiental e Estações Ecológicas (POTT; ESTRELA, 2017).

Para Coelho, *et al.* (2017), as histórias dos empreendimentos mineradores no Brasil e no mundo revelam, entre outras coisas, as ainda frágeis regulações ambientais, sobretudo, em regiões e países minero-metalúrgicos periféricos, sujeitos a riscos e, conseqüentemente, a desastres. De acordo com Daniel e Martins (2009), nas regiões de mineração industrial, a densidade de barragens de rejeitos é relativamente alta, por isso são consideradas igualmente como produtoras de regiões de riscos, ainda que as mesmas não coincidam perfeitamente.

Primordialmente, conforme o parágrafo anterior e ao que tange ao meio ambiente, no Brasil, existem diversas atividades que danificam com grande relevância o meio ambiente e que também são objetos a aplicações do direito ambiental. A mineração como, por exemplo, inclui a exploração das minas subterrâneas e de superfície, utilizando-se de bens não renováveis. Contudo é uma das bases da economia nacional, considerada um sinônimo de progresso e desenvolvimento. Entretanto é uma atividade geradora de impactos ambientais significativos e de elevado grau, como poluição de água potável, mares

e rios, ar, solo, porém as consequências não desabam apenas à população, a fauna e flora, porém, é direta e indiretamente afetada pelas atividades que estão ligadas a mineração (DA SILVA, 2017).

De acordo com o Art.1º da Resolução - CONAMA (1986), o desastre ambiental deflagrado no subdistrito de Bento Rodrigues no município de Mariana- MG, é um exemplo categórico de impacto ambiental, fato ocorrido em, 5 de novembro de 2015, e provocou sérios problemas ao meio ambiente e também à população das regiões atingidas (BORGES, 2017). Além disso, no ano do acidente, o Ministério Público Federal (MPF, 2015), afirmou que a barragem de Fundão, teria sofrido um colapso, e literalmente veio abaixo. Na ocasião a entidade deixou claro que o acidente era de responsabilidade da Samarco Mineração S/A e suas acionistas majoritárias, BHP *Billiton* Brasil Ltda e Companhia Vale S/A. Por consequência:

Logo depois, quatro dias após o desastre o Promotor de Justiça de Mariana, Guilherme de Sá Meneghim, determinou algumas exigências para que a Mineradora Samarco garantisse o mínimo de bem-estar para as pessoas de Bento Rodrigues, como por exemplo, moradia aos desabrigados, uma renda mensal e até mesmo um plano de reparação as vítimas. No dia 09 de novembro de 2015, as atividades da mineradora Samarco foram embargadas, não podendo a partir deste momento processar o minério de ferro (ADRIANA GÜTHS SCHMIDT, 2019, p.8).

Destaca-se ainda, como relata Schmidt (2019) a Samarco tinha o conhecimento de todos os danos e falhas, mas, no entanto, se omitiu e não adotou nenhuma medida reformativa. No ano de 2014, apareceu uma pequena falha no tapete de drenagem que foi instalado, assim como uma ombreira junto ao Dique 1, onde então a Samarco determinou a utilização de drenos para diminuição dos impactos. Por outras palavras a Samarco, Vale e BHP tinham ciência dos riscos que a barragem corria desde o início, mas, no entanto, se omitiram, deixaram de adotar medidas para solucionar tais problemas. Ao invés de fazer melhorias, adotar medidas de proteção para evitar o rompimento, simplesmente decidiram aumentar a produção e conseqüentemente elevar a produção de rejeitos (SCHMIDT, 2019).

Diante desses e outros acontecimentos considerados negligentes a Samarco, Vale, BHP e VogBR foram acusadas de imputações.

3.1 Samarco Mineradora S.A

De acordo com Costa *et al.* (2019) o valor de R\$23,2 bilhões como punição, equivalente a quase 10 vezes do lucro arrecadado pela companhia no ano anterior ao desastre. Além disso, o Governo Federal cobrou com uma ação civil somando o valor de R\$20 bilhões, somente para a recuperação do Rio doce. A empresa teve 300 milhões bloqueados pela justiça mineira, e as multas aplicadas pelo IBAMA e a SEMAD somados chegam a R\$ 362 milhões.

Desse modo, o IBAMA (2015) em virtude do fracasso no empreendimento da barragem de Fundão, entre os anos de 2015 e 2018, aplicou diversas multas que em 2015, por exemplo, chegou ao valor de R\$ 50 milhões cada, o máximo previsto na lei ambiental, totalizando o valor de R\$ 250 milhões. Na sequência, segue a relação de autos indicados pelo órgão:

I. Autos de infração em 2015

- i. N° 908239 com data de 11/11/2015 – valor de R\$ 50 milhões de reais, por tornar a área afetada pelo rompimento da barragem de fundão, imprópria para ocupação humana.
- ii. N° 19 com data de 12/11/2015 – valor de R\$ 50 milhões de reais, por provocar pelo carregamento de rejeito de mineração o perecimento de espécies da biodiversidade (fauna e recursos de pesca) na área diretamente afetada e ao longo do rio doce, em decorrência do rompimento.
- iii. N° 9082395 com data em 12/11/2015 – Valor R\$ 50 milhões, por lançar resíduos sólidos e líquidos nas águas de rio doce, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou atos normativos.

II. Autos de infração em 2016

- i. N° 9091685 com data em 29/04/2016 – Valor R\$ 41.800.000,00 milhões de reais, por: Destruir 835,385 hectares de área de preservação permanente em consequência do rompimento da Barragem do Fundão.
- ii. N° 8819 com data em: 20/08/2016 - Valor R\$ 1.000.000,00 milhão de reais, por: Elaborar informação omissa (em seu Plano de Monitoramento e Qualidade do Ar em resposta a NOT. 29620-E) em procedimento administrativo ambiental.
- iii. N° 8855 com data em: 27/09/2016 - Valor R\$ 101.000,00 mil reais, por: deixar atender exigências legais, quando devidamente notificada, visando à regularização ambiental (Plano de Ação Emergencial).
- iv. N° 8856 com data em: 27/09/2016 - Valor R\$ 51.000,00 mil reais, por: Deixar de atender exigências legais, quando devidamente notificada, visando à regularização ambiental (Plano de Ação Emergencial).
- v. N° 8857 com data em: 27/09/2016 - Valor R\$ 51.000,00 mil reais, por: Deixar de atender exigências legais, quando devidamente notificada, visando adoção de medidas de controle para cessar degradação ambiental (rejeito acumulado no reservatório da UHE Risoleta Neves).
- vi. N° 9060936 com data em: 16/11/2016 - Valor R\$ 311.000,00 mil reais, por: Deixar de atender a exigências legais ou regulamentares quando devidamente notificado pela autoridade ambiental competente. Deixar de atender a Notificação n° 678313-E, por não apresentar os relatórios mensais reiteradamente solicitados pelo IBAMA.
- vii. N° 9118722 com data em: 22/11/2016 - Valor R\$ 400.500,00 mil reais, por: Usar produtos nocivos ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou em seus regulamentos, quando do recebimento de material dragado na UHE Risoleta Neves.

III. Autos de infração em 2017

- i. N° 9092911 com data em: 16/01/2017 - Valor R\$ 51.000,00 mil reais, por: Deixar de atender às exigências legais quando devidamente notificado pela autoridade ambiental competente, visando a adoção de medidas de controle para cessar a degradação ambiental. Notificação 2577 (Cronograma de dragagem e disposição de rejeitos do dique S3).
- ii. N° 9092913 com data em: 31/01/2017- Valor R\$ 21.000,00 mil reais, por: Apresentar informação omissa referente a um procedimento administrativo ambiental. Programa de busca e resgate de fauna afetada pelo rompimento da barragem de

rejeitos de Fundão entregue em desconformidade com o que foi solicitado pelo IBAMA no Anexo II do Parecer 02015.000112/2016-01.

- iii. N° 9092914 com data em: 09/02/2017 - Valor R\$ 11.000,00 mil reais, por: Deixar de atender a exigências legais ou regulamentares quando devidamente notificado pela autoridade ambiental competente no prazo concedido, visando à adoção de medidas de controle para cessar a degradação ambiental (IBAMA, 2015).

IV. Autos de infração em 2018

- i. Auto de infração N° 9122382 com data em: 05/02/2018 - Valor R\$ 201.000,00 mil reais, por: Deixar de atender a exigências legais ou regulamentares quando devidamente notificado pela autoridade ambiental competente no prazo concedido, visando a adoção de medidas de controle para cessar a degradação ambiental. Descumprimento da Notificação do IBAMA n° 8266-E (Processo n° 02015.001064/2016-60), conforme o Parecer 01 DITEC/MG (SEI n° 1665179), que trata do cumprimento dos critérios de gatilhos de turbidez por parte da Samarco e da Fundação Renova.

3.1 Vale S/A

Para Schmidt, (2019) da mesma forma, a Vale S.A sabia de suas responsabilidades como pessoa jurídica, se omitiu e assumiu o risco da produção de resultados, nos mesmos meios já mencionados, que são art. 13, § 2º, alínea “a”, art. 18, I e art. 70, do Código Penal c/c artigos. 2º e 3º ambos da Lei n.º 9.605/98, incide nas figuras típicas dos artigos 29, caput, §1º, incisos I e II, § 4º, incisos I, III, V e VI, art. 33, art. 38, art. 38-A, art. 40, caput, §2º, art. 49, art. 50, art. 53, incisos I e II, alíneas “c”, “d” e “e”, art. 54 c/c § 2º, incisos I, III, IV e V c/c art. 58, inciso I, art. 62, inciso I, todos da Lei n.º 9.605/98.

A mineradora em questão tinha ciência que Depositava a lama na barragem de fundão, em benefício próprio, pois os rejeitos eram advindos da Mina Alegria, assim como não comunicava os órgãos competentes da situação dos fatos, deixando de cumprir com suas obrigações e, além disso, dificultava o trabalho do Poder Público, deixando de apresentar as informações de rejeitos provenientes das unidades da Vale, incidindo os crimes previstos nos art. 68, art. 69 e art. 69- A, §2º, todos da Lei n.º 9.605/95, na forma do art. 70 do Código Penal, em concurso material (art. 69, CP) com os crimes descritos no parágrafo anterior (SCHMIDT, 2019).

3.2 Bhp Billiton Brasil Ltda

Conhecia das suas responsabilidades como pessoa jurídica e assumiu o risco da produção de resultados decorrentes, na forma do art. 13, § 2º, alínea “a”, art. 18, I e art. 70, do Código Penal c/c artigos. 2º e 3º da Lei n.º 9.605/98, incide nas figuras típicas dos artigos 29, caput, §1º, incisos I e II, § 4º, incisos I, III, V e VI, art. 33, art. 38, art. 38-A, art. 40, caput, §2º, art. 49, art. 50, art. 53, incisos I e II, alíneas “c”, “d” e “e”, art. 54 c/c § 2º, incisos I, III, IV e V c/c art. 58, inciso I, art. 62, inciso I, todos da Lei n.º 9.605/98 (SCHMIDT, 2019).

3.3 VOGBR

Foi apurado que a empresa VogBR omitiu informações de suma importância na leitura do piezométrico, assim como declarou a estabilidade da estrutura da Barragem de

Fundão, sendo esta informação inverídica. Como pessoa jurídica responsável, cometeu o crime previsto no art. 69-A, § 2º da Lei nº 9605/95. Como se pode perceber as pessoas jurídicas Samarco, Vala, VogBR e BHP, tinham total conhecimento da situação de risco que a barragem de Fundão possuía (SCHMIDT, 2019).

Além disso, para o IBAMA, (2019) as pessoas jurídicas e outros responsáveis pela tragédia, deixaram de declarar estudos aplicados no empreendimento e também agiram de forma negligente às atividades de manutenção da barragem de fundão. Dessa forma contribuíram para seus autos/ multas e crimes previstos em leis ambientais e administrativas. Schmidt, (2019) ainda reitera que logo após o acidente, foi instaurado um inquérito policial às empresas e, além disso, mais de 22 duas pessoas físicas foram responsabilizadas e acusadas pelos crimes de homicídio, inundação, desabamento, lesão corporal, além de crimes ambientais, sendo nove ao total.

4. MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL NAS REGIÕES IMPACTADAS PELOS REJEITOS DE MINERAÇÃO

A prática de extração mineral implica em aspectos positivos e negativos para as localidades que vivenciam esta rotina de atividades desenvolvidas por empresas do ramo. Dentre questões benéficas, pontua-se a geração de emprego, renda, movimentação econômica, elevada arrecadação municipal, ações de ‘responsabilidade’ social e ambiental, entre outros aspectos derivados de tais pontos. Além disso, os minérios são a matéria-prima de principais bens duráveis e de consumo que a sociedade necessita. Por sua vez, no tocante às implicações negativas, destacam-se problemas de poluição, desmatamento, assoreamento de rios, contaminação do solo e água por produtos químicos e a produção de rejeitos (DA SILVA, 2017).

Entretanto, o Ministério Público Federal – MPF, (2015) relatou que no dia 5 de novembro de 2015 está marcado para sempre na história do Brasil. Nesse dia, no meio de uma tarde que poderia ser apenas mais uma calma tarde na rotina dos moradores do distrito de Bento Rodrigues, no município de Mariana (MG), teve início um desastre que mudaria drástica e definitivamente as vidas, o passado, o futuro e o destino de milhares de pessoas em uma extensão de 663 quilômetros, desde o distrito de Bento Rodrigues, passando pelo estado do Espírito Santo, até atingir o mar territorial brasileiro.

Schmidt, (2019) relata que o rompimento da Barragem de Fundão marcou a história ambiental brasileira deixando 19 mortos, assim como causando estragos por onde passou, principalmente no distrito de Bento Rodrigues. Como se trata de um desastre ambiental cabe ao poder público atribuir sanções e medidas punitivas aos responsáveis. O desastre atingiu o meio ambiente e a vida humana, bens jurídicos tutelados pela Constituição Federal, devendo punir os responsáveis, mas também amparar as vítimas deste desastre que perderam suas casas, parentes, vida social. Como se pode ver, na Figura 2 não foi apenas Bento Rodrigues, mas outras localidades tiveram problemas com o mar de lama. Além disso o corpo de bombeiros teve trabalho redobrado para conduzir as buscas agregadas ao rastro de destruição que se estendeu para o litoral brasileiro (JORNAL G1, 2016).



Figura 2 – Distrito de Paracatu tomado por lama

Fonte: Moraes (2016)

Quando o mar de lama desceu como uma avalanche para atingir algumas cidades e o rio Doce, levando tudo no seu caminho, o governo descobriu que não sabia como agir, e começou o festival de barbaridades que não deve terminar tão cedo. O Ibama, Ministério Público Federal e Estadual, agências ambientais estaduais, concessionárias de água, aventureiros, cada um falando sua linguagem própria. Afinal, qual era mesmo o material contaminante? (JORNAL DA UNICAMP, 2015).

4.1 Locais Devastados e Deteriorados por Rejeito de Minério

O Ministério Público Federal – MPF, (2015) ao relatar a tragédia, informou que em sua rota de destruição, à semelhança de uma avalanche de grandes proporções, com alta velocidade e energia, a onda de rejeitos atingiu o Córrego de Fundão e o Córrego Santarém, em seguida, soterrou grande parte do subdistrito de Bento Rodrigues. Já na calha do rio Gualaxo do Norte, a avalanche de rejeitos percorreu 55 km até desaguar no rio do Carmo, atingindo diretamente várias localidades rurais, como as comunidades de Paracatu de Baixo, Camargos, Águas Claras, Pedras, Ponte do Gama, Gesteira, além dos municípios mineiros de Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

Por consequência disso, um estudo realizado pela Revista Internacional de Ciências (VITÓRIA *et al.*, 2019), alegou que para tentar resgatar ao máximo as condições ambientais das regiões afetadas para seu estado anterior, o IBAMA exigiu das empresas responsáveis a apresentação e implementação de planos de restauração, reconstrução e reparação ambiental das áreas atingidas em Minas Gerais e Espírito Santo.

Segundo Vitória *et al.* (2019), para colocá-los em prática, foi criada a organização Fundação Renova, a mesma, teve origem após o rompimento da barragem de Fundão e utiliza de dotações financeiras feitas pelas empresas Samarco, BHP Biliton e Vale S/A ano a ano, conforme determinado na escritura pública de constituição e no TTAC (Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta). Nesse caso, a entidade é responsável pela mobilização para reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG).

4.2 Fundação Renova

A Fundação Renova foi criada em 2016 para reparar e compensar os danos causados pela tragédia. Um esforço desafiador para todas as mais de 9 mil pessoas envolvidas nos

trabalhos. A Fundação, foi instituída por meio de um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC), assinado entre Samarco, suas acionistas Vale e BHP, os governos federal e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, além de uma série de autarquias, fundações e institutos (como IBAMA, Instituto Chico Mendes (ICMBIO), Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Estadual de Florestas (IEF), Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Secretarias de Meio Ambiente, dentre outros), (FUNDAÇÃO RENOVA 2016).

O trabalho da Fundação Renova é acompanhado de perto pelos atingidos e pela sociedade civil, por meio de um sistema de governança participativo. (RENOVA, 2016). O Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC) define o escopo de atuação da Fundação renova, que são os 42 quarenta e dois programas que se desdobram nos muitos projetos que se estão sendo implementadas nos 670 quilômetros de área impactada ao longo do rio Doce e afluentes, as ações em curso são de longo prazo.

4.3 Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta – TTAC

O documento em análise, trata-se, do Termo de Transação e Ajustamento de Conduta do ano de (2016), doravante denominado TTAC, celebrado entre a União e os governos estaduais de Minas Gerais e do Espírito Santo, de um lado, e a Samarco, a Vale e a BHP Billiton Ltda. de outro. O objetivo do TTAC é criar os instrumentos institucionais capazes de dar concretude e nortear as ações de reparação, mitigação, compensação e indenização para o maior desastre socioambiental envolvendo rejeitos de mineração do mundo ocorrido em novembro de 2015, que abrangeu parte do complexo mineral da mineradora Samarco S. A., em Minas Gerais, as bacias dos rios Gualaxo do Norte e rio Doce e a costa norte do Espírito Santo (SILVA; CAYRES; SOUZA, 2019).

O Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (2016 apud SILVA; CAYRES; SOUZA, 2019) enquanto instrumento instituído pelo governo prevê a criação de uma série de programas de recuperação dos danos socioeconômicos e socioambientais, a serem executados de acordo com um plano tecnicamente fundamentado, fiscalizado e supervisionado pelo poder público.

4.4 Alguns dos 42 Programas de Reparação e Compensação Socioambientais

Conforme os indicadores da Fundação Renova (2022) entre as principais medidas de utilizadas para recuperação, destacam-se:

4.4.1 Manejo e contenção de rejeitos

O objetivo desse programa, é realizar estudos de identificação e de avaliação detalhada da área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento) e realizar o manejo de rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, conforme resultados dos estudos previstos neste programa, bem como considerando os fatores ambientais, sociais e econômicos da região.

4.4.2 Tratamento de esgoto

Este, tem a função de disponibilizar recursos financeiros no valor de R\$ 500 milhões de aos municípios da área ambiental 2 (municípios banhados pelo Rio Doce e pelos trechos impactados dos Rios Gualaxo do Norte e Carmo) para custeio na elaboração de planos básicos de saneamento básico, elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário, implementação de obras de coleta e tratamento de esgotos, erradicação de lixões e implantação de aterros sanitários regionais.

4.4.3 Revegetação, enrocamentos e outros métodos

Revegetar inicialmente 800 hectares e, em seguida recuperar, 2.000 hectares na área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce, considerando os respectivos trechos de seus formadores e tributários, bem como as regiões estuarinas, costeiras e marinha na porção impactada pelo rompimento) nos municípios de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado.

4.4.4 Recuperação de áreas de preservação permanente (APPS) e recargas hídricas

Recuperar 40.000 hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) degradadas na Bacia do Rio Doce. Desta área, 10.000 hectares deverão ser executados por meio de reflorestamento e 30.000 hectares deverão ser executados por meio de regeneração.

4.4.5 Implantação de sistemas de contenção dos rejeitos e de tratamento nos locais de impacto nos rios

Construir e operar, de forma segura, estruturas de contenção de sedimentos para armazenamento dos materiais retirados das calhas dos rios e seu entorno, quando aplicáveis, visando, principalmente, a redução gradativa da turbidez dos rios para níveis máximos de 100 NTU na estação seca, no prazo máximo de três anos.

4.4.6 Conservação da biodiversidade

Elaborar e implementar medidas para a recuperação e conservação da fauna aquática impactada da bacia hidrográfica do Rio Doce.

4.4.7 Recuperação da fauna silvestre

Fortalecer as estruturas de triagem e reintrodução da fauna silvestre, englobando a construção, o aparelhamento e a manutenção (pelo período de três anos) de dois Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETAS), sendo um em Minas Gerais e outro no Espírito Santo.

4.4.8 Fauna e flora terrestre

Desenvolver estudo para identificação e caracterização do impacto do rompimento sobre as espécies terrestres ameaçadas de extinção e apresentar plano de ação para conservação da fauna e flora terrestre. Assim também como muitos programas desenvolvidos e em desenvolvimento, entre eles estão:

- Restauração florestal em áreas atingidas pelo rejeito e monitoramento por satélite e drones;
- Estação de tratamento natural e recuperação dos cursos d'água e do solo;
- Cerca de 1.160 nascentes estão com o processo de recuperação iniciado na bacia do rio doce;
- Inventário florestal da bacia do rio doce;
- Estações de tratamento e sistemas de captação garantem fornecimento de água em comunidades atingidas;
- Monitoramento da biodiversidade na bacia do rio doce com tecnologia de ponta e monitoramento da biodiversidade terrestre e aquática (FUNDAÇÃO RENOVA, (2022)).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ineficiência no gerenciamento das atividades de exploração dos recursos naturais pode acarretar diversos impactos e desastres ambientais, como o rompimento da barragem de Fundão. O que torna indispensáveis técnicas que controlem e reduzam o volume de rejeitos gerados e dispostos em barragens dessa natureza.

Tendo os objetivos alcançados, os resultados da pesquisa destacam que o rompimento da barragem acarretou diversos impactos ambientais na região. Dentre eles, a destruição de Áreas de Preservação Permanente, assoreamento de cursos d'água, destruição de ecossistemas, contaminação de águas, prejuízo ao solo e grandes perdas da biodiversidade, sendo assim, considerados em diversos estudos como impactos ambientais devastadores e irreversíveis, o que implica o uso de medidas compensatórias que reduzam os grandes efeitos causados sobre o meio ambiente.

Entretanto, ainda que existam legislações vigentes que assegurem a proteção do meio ambiente e promoção de um ambiente ecologicamente equilibrado como um direito de todos, e sanções penais para condutas e atividades danosas ao meio ambiente, ainda são vistas diversas negligências ambientais que acarretam diversos impactos ao meio ambiente. Assim, foram aplicadas às partes responsáveis pelo grande desastre ambiental, autos e multas previstos em leis ambientais e administrativas, além de instauração de ação penal aos envolvidos, visando à repressão e reparação do dano.

Diante disso, de forma a resgatar as condições ambientais da região, foi estabelecido através de um Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta, a implementação de planos e programas de restauração e reparação socioambiental, de forma a identificar, avaliar as áreas afetadas, e desenvolver ações compensatórias que possibilitem a contenção e manejo dos rejeitos, tratamento de água e esgoto, revegetação, reflorestamento e enrocamentos de áreas degradadas, além de recuperação, monitoramento e conservação da biodiversidade.

Contudo, o desastre ambiental ocorrido em Mariana despertou a importância das

manutenções e inspeções nas barragens de rejeitos, conforme estabelecidas nas legislações. Além disso, evidencia que o gerenciamento e o monitoramento devem ser eficazes, de forma a evitar contingências e garantir a proteção do meio ambiente.

Referências

BOM, Max. MB – GEOLOGIA E MEIO AMBIENTE. O que é considerado impacto ambiental? João Rech, 60 – Carazinho/RS, Ano, 2022. Disponível em: <https://mbgeologia.com.br/index.php/novidades/detalhe/19/o-que-e-considerado-impacto-ambiental>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

BORGES, Sérgio. O desastre da barragem de rejeitos em Mariana, Minas Gerais: aspectos socioambientais e de gestão na exploração de recursos minerais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - Brasil Cadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia, 2017. Disponível em: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/63008/pdf>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

BRASIL. Laudo Técnico Preliminar: **impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. [S. l.]: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2015 p. 1. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 27 de abr. 2022.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 1. de 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CALMON DE PASSOS, P. N. **A CONFERÊNCIA DE ESTOCOLMO COMO PONTO DE PARTIDA PARA A PROTEÇÃO INTERNACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Revista Direitos Fundamentais & Democracia, [S. l.], v. 6, n. 6, 2009. Disponível em: <https://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/18>. Acesso em: 29 out. 2022.

COELHO, M. C. N.; WANDERLEY, L. J.; GARCIA, T. C.; BARBOSA, E. J. da S. **Regiões econômicas mínero-metalúrgicas e os riscos de desastres ambientais das barragens de rejeito no Brasil**. Revista da ANPEGE, [S. l.], v. 13, n. 20, p. 83-108, 2017. DOI: 10.5418/RA2017.1320.0005. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6903>. Acesso em: 31 out. 2022.

COSTA, H. A. da.; SILVA, M. M. P. da. Environmental impacts from the national media perspective of the Barragem de Fundão in Mariana, Minas Gerais, Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 10, p. e6869108863, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i10.8863. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8863>. Acesso em: 15 nov. 2022.

COSTA, H., Sampaio, G., Aguiar, T., Porto, T., Moura, T., Órfão, R., & Amarante, M. (2019, junho 12). **PENALIDADES APLICADAS AOS RESPONSÁVEIS PELO ROMPIMENTO DAS BARRAGENS**. Mogi das Cruzes – São Paulo-Revista Pesquisa E Ação, 5(2), 76-93. (2019, junho 12). Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/668>. Acesso em: 23 out. 2022.

COSTA, Henrique Pereira et al. **PENALIDADES APLICADAS AOS RESPONSÁVEIS PELO ROMPIMENTO DAS BARRAGENS**. Revista Pesquisa e Ação, v. 5, n. 2, p. 76-93, 2019. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/668/714>. Acesso em: 01 nov. 2022.

DA SILVA, Géssica Auxiliadora; BOAVA, Diego Luiz Teixeira; MACEDO, Fernanda Maria Felício. **Refugiados de Bento Rodrigues: o desastre de Mariana, MG**. Revista Pensamento Contemporâneo em Administração. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4417/441752172005.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2022.

DA SILVA, Marina Lima; ANDRADE, Márcia Cristiane Kravetz. **Os impactos ambientais da atividade mineradora**. Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 11, n. 6, 2017. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/meioAmbiente/article/view/541>. Acesso em: 29 out. 2022. FOLHA DE S. PAULO. **Rompimento de barragens atinge dois distritos em Mariana (MG)**. BRASIL, 2017. Disponível em: <https://m.folha.uol.com.br/cotidiano/2015/11/1702906-rompimento-de-barragens-atinge-distritos-em-mariana-mg.shtml?cmpid=menupe>. Acesso em: 09 de set. 2022.

FUNDAÇÃO RENOVA. **Lista de Programas Socioambientais**. Objetivo do Programa, 2022. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/programa/fauna-e-flora-terrestre/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/63008/pdf>. Acesso em: 14 de nov. 2022.

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Rompimento da Barragem de Fundão: Documentos relacionados ao desastre da Samarco em Mariana/MG**, 6 de março de 2016. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/recuperacao-ambiental/rompimento-da-barragem-de-fundao-de>

sastre-da-samarco/documentos-relacionados-ao-desastre-da-samarco-em-mariana-mg. Acesso em: 31 out. 2022.

JORNAL DA UNICAMP. **Da água para a lama. Linha do tempo registra as primeiras horas depois do rompimento da barragem de Fundão.** Vozes e Silenciamentos em Mariana. (Crime ou Desastre Ambiental). BRASIL, 2018. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/03/07/da-agua-para-lama>. Acesso em: 16 de nov. 2022.

JORNAL DA UNICAMP. **Desastre Ambiental no município de Mariana em Minas Gerais.** Brasil. 2018. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2018/09/12/o-desastre-ambiental/>. Acesso em: 10 de set. 2022.

LOPES, Luciano Motta Nunes. **O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais.** Sinapse Múltipla, Brasil, 2016. Meio Ambiente. Define as situações e

estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de Estudo de Impacto Ambiental. Diário Oficial da União, Publicado em: 17/02/1986. Acesso em: 29 de abr. 2022.

MPF, MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. (2015). **O desastre.** Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/o-desastre>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MPF, MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Entenda o desastre do caso Samarco. O desastre. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/o-desastre>. Acesso em: 02 nov. 2022.

POTT, Crisla Maciel; ESTRELA, Carina Costa. **Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento.** Estudos avançados, v. 31, p. 271-283, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/pL9zbDbZCwW68Z7PMF5fCdp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 out. 2022.

RENOVA, FUNDAÇÃO. **Quem somos.** 2018. Disponível em: <https://www.fundacaorenova.org/a-fundacao/>. Acesso em: 27 de abr. 2022.

SCHMIDT, Adriana Güths. **Desastre de Mariana: uma análise sobre responsabilização criminal da BHP, VOGBR, Vale e Samarco 2019.** Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13396/1/21500019.pdf>. Acesso em: 31 out. 2022.

SILVA, Marta Zorzal e, CAYRES, Domitila Costa e SOUZA, Luciana Andressa Martins de. **Desastre socioambiental e Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) como instrumento de política pública: O caso da barragem de Fundão, MG.** Civitas - Revista de Ciências Sociais, 2019, v. 19, n. 2. Disponível em: <https://doi.org/10.15448/1984-7289.2019.2.30227>. Acesso em: 02 nov. 2022.

VITÓRIA, Flávia da Constantino; SILVA, Elenice Rachid; ALMEIDA, Josimar Ribeiro. Revista Internacional de Ciências. **Desastre Ambiental da Barragem de Fundão, MG** - Análise de Impactos Socioambientais. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/ojs/index.php/ric>. Acesso em: 03 nov. 2022.

6

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

*EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS
GENERATED BY THE BRAZILIAN AGRICULTURE*

Izabela Francisca Oliveira Ribeiro

Resumo

Agropecuária constitui uma série de atividades primárias, que está diretamente ligada à agricultura e a pecuária sendo direcionadas para o consumo humano ou fornecimento de matérias-primas na fabricação de medicamentos, roupas, entre outros. Com isso ela desempenha um papel muito importante para a economia de um determinado lugar. Compreende-se que esse tipo de atividade tem uma grande relevância para a sociedade, porém, em virtude da sua grande expansão e utilização de procedimentos para o cultivo e criação de animais, vem desencadeando ao longo do tempo vários problemas ambientais. A água, por exemplo, pode ser usada de uma forma mais racional com uso de irrigação ou fertirrigação por gotejamento, onde já foi comprovado uma grande economia de água e o desenvolvimento melhor das plantas em questão. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho estudar e pesquisar na literatura socioambiental quais seriam os fatores que contribuem para ampliação dos impactos ambientais a partir da ação antrópica nas atividades agropecuárias no Brasil-A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Além disso, observou-se a economia brasileira baseada nas culturas agrícola e pecuária, que por muitos anos mostrou-se como o sustento econômico, passa a observar a importância da conservação do meio ambiente

Palavras-chave: Agropecuária. Impactos Ambientais. Métodos Sustentáveis.

Abstract

Agriculture constitutes a series of primary activities, which is directly linked to agriculture and livestock being directed to human consumption or supply of raw materials in the manufacture of medicines, clothes, among others. With that it plays a very important role for the economy of a certain place. It is understood that this type of activity has a great sounding voice for society, however, due to its great expansion and use of procedures for the cultivation and raising of animals, it has been triggering several environmental problems over time. Water, for example, can be used in a more rational way with the use of drip irrigation or fertirrigation, where great water savings and better development of the plants in question have already been guaranteed. In this context, the objective of this work is to study and research in the socio-environmental literature which would be the factors that provoked the activation of the environmental effects from the anthropic action in the agricultural activities in Brazil. qualitative and descriptive, the search was carried out through electronic search engines, scientific journals, monographs and theses involving thematic coverage on environmental engineering. In addition, it was observed that the Brazilian economy based on agricultural and livestock crops, which for many years proved to be the economic support, starts to observe the importance of preserving the environment

Keywords: Agriculture. Environmental impacts. Sustainable Methods.

1. INTRODUÇÃO

A agropecuária constitui uma série de atividades primárias, que está diretamente ligada à agricultura e a pecuária sendo direcionadas para o consumo humano ou fornecimento de matérias-primas na fabricação de medicamentos, roupas, entre outros. Com isso ela desempenha um papel muito importante para a economia de um determinado lugar.

Compreende-se que esse tipo de atividade tem uma grande relevância para a sociedade, porém, em virtude da sua grande expansão e utilização de procedimentos para o cultivo e criação de animais, vem desencadeando ao longo do tempo vários problemas ambientais.

A justificativa para elaborar esse estudo sobre esse tema é de suma importância devido a necessidade de ampliar horizontes de pesquisas sobre os impactos ambientais a partir da ação antrópica nas atividades agropecuárias no Brasil bem como estudar e compreender através da literatura socioambiental quais são os fatores que contribuem para o aumento dos impactos ambientais.

Nota-se que a agropecuária é de suma relevância para a sobrevivência do homem e também contribui para a economia do mundo. Porém, como foi exposto, ela gera muitos impactos sobre o meio ambiente, principalmente no Brasil colocando assim em risco a própria vida do homem e do planeta. Diante desta questão, surge a seguinte questão: Como unir a necessidade de produzir alimentos e matérias-primas para atender a demanda global e ao mesmo tempo preservar e proteger o meio ambiente?

O objetivo geral deste trabalho estudar e pesquisar na literatura socioambiental quais seriam os fatores que contribuem para ampliação dos impactos ambientais a partir da ação antrópica nas atividades agropecuárias no Brasil. Através dos objetivos específicos, pretende-se compreender quais são os fatores que contribuem para ampliação dos impactos ambientais brasileiros; definir quais são os impactos degradantes e os riscos gerados sobre o meio ambiente em território brasileiro e apresentar métodos sustentáveis que visam minimizar os impactos ambientais provocados por essas atividades.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia Ambiental, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2010 até 2021. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 11 anos, na língua portuguesa.

2. AGRICULTURA BRASILEIRA

Para Albuquerque (2000), existem diferentes comportamentos humanos que pressionam a sustentabilidade ambiental, com destaque para a agricultura. Esta atividade é apenas uma das causas da degradação ambiental, pois as práticas urbanas e industriais também desempenham um papel importante nessa degradação.

Araújo (2005) explicou que a agricultura nacional pode atrapalhar a poluição e causar danos ao meio ambiente, porém, isso é reduzido quando tecnologias mais avançadas



são aplicadas. Assim, além de reduzir os danos ao meio ambiente, pode render ganhos consideráveis na produção em um setor que cada vez mais precisa aumentar a oferta de alimentos para um mundo com altas taxas de crescimento populacional.

No entanto, os biomas brasileiros têm características diferentes, e a agricultura brasileira não pode ser homogênea em todo o país. Portanto, os produtos cultivados como determinadas tecnologias ou ações governamentais precisam ser mais específicos para cada região, e não existe uma fórmula geral única para questões de sustentabilidade em todo o Brasil. No entanto, algumas técnicas podem ser aplicadas em diferentes regiões do país, como sistemas de plantio direto e integração lavoura-pecuária, cada uma modelada de acordo com as necessidades da região (GASQUES, 2010).

A exploração descontrolada dos recursos naturais e o aprofundamento de sua degradação levaram ao desenvolvimento da consciência ecológica, em que a preocupação com a proteção do meio ambiente está atrelada à melhoria das condições socioambientais da população, dando origem ao conceito de desenvolvimento sustentável. Esse conceito caracteriza-se pela busca de uma conciliação de propósitos sociais e econômicos, possibilitando o manejo adequado dos recursos naturais e minimizando os impactos de seu uso (LACERDA, 2008).

Segundo Munhaz (2004), trata-se de mudanças nos padrões existentes, com degradação ambiental contínua, muitas vezes com danos irreparáveis, sem consideração pelas gerações futuras. Há uma clara aposta na melhoria das condições de vida das pessoas, não só as existentes, mas também as condições de vida futuras, de forma a minimizar a utilização dos recursos ambientais.

Meneguetti (2004) disse que muitas pessoas temem que um futuro da vida humana seja impossível por causa do uso imprudente de recursos escassos à medida que o meio ambiente se degrada, o desmatamento, os solos, rios e oceanos ficam poluídos. A conscientização da sociedade e do governo é necessária para garantir a sobrevivência e a qualidade de vida das gerações futuras. Não volte ao início, quando a falta de conhecimento era um obstáculo ao desenvolvimento social.

Segundo Nogueira e Schmukler (2011), o nível de conhecimento é alto e existem várias formas de desenvolvê-lo ainda mais para obter um panorama mundial mais acessível e sustentável para as gerações futuras. Neste contexto, a agricultura tem a sua importância e papel de destaque na corrida contra o tempo, em que, seja por desconhecimento ou por consciência, tudo o que se degrada erroneamente, não só a agricultura, mas também as atividades industriais e urbanas, deve ser retomada.

Albuquerque (2000) mencionou que o desenvolvimento de uma agricultura mais sustentável é uma medida preventiva contra um mundo em deterioração. Crescer de forma mais consciente, utilizando técnicas mais adequadas para colher o fruto, não só na produção relevante, mas também no futuro, é a chave para o desenvolvimento sustentável do setor.

Coutinho (2005) explicou que embora o foco seja muitas vezes na agricultura, esta não é a única causa de impactos ambientais como o aquecimento global e a poluição do ar e da água. Outras atividades humanas também têm um grande impacto no ambiente terrestre. São eles a queima de resíduos nas áreas urbanas, a queima de combustíveis fósseis pela frota cada vez maior de automóveis, a poluição dos rios pelo lançamento de resíduos e lixo, ou aterros sanitários, a ocupação desordenada de morros. E áreas como margens de rios e nascentes, sem falar no consumismo desenfreado que pressiona cada vez mais as reservas naturais.

Meneguetti (2004) também menciona o medo das consequências do aquecimento global, com cientistas, pesquisadores empresariais, ONGs e formadores de opinião demonstrando crescente preocupação na busca de soluções. As Conferências Mundiais promovem reuniões com efeitos para melhorar e buscar possíveis soluções para alcançar a sustentabilidade, proteger o meio ambiente e gerar uma economia mais verde, como a grande conferência realizada na Rio+20 em junho de 2012.

No caso do Brasil, ações de órgãos governamentais como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Meio Ambiente, o Ministério da Agricultura e outros órgãos ambientais, como o Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Fundação Estadual do Meio Ambiente de Santa Catalina (FATMA) e Fundação Municipal do Meio Ambiente de Florianópolis (FLO-RAM) estão cada vez mais pesquisando e desenvolvendo tecnologias, fiscalizações e licenciamentos ambientais e conscientização sobre os arredores (LACERDA, 2008).

Conforme Araújo (2005) ações importantes podem ajudar a encontrar setores mais sustentáveis, como melhor educação para os agricultores, ação conjunta de Estado e ONGs, conscientização social, uso de tecnologias que promovam o sequestro de carbono, como o plantio direto, o sistema pode reduzir as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, aumentando os rendimentos, reduzindo os danos ambientais, reduzindo os custos para os agricultores e beneficiando os consumidores. Outra técnica é a integração lavoura-pecuária, que pode aumentar a produtividade e reduzir os gastos com ração animal, além de promover um uso mais sustentável do solo ao restaurar pastagens degradadas.

De acordo com Gaspes (2010) explica que a indústria primária da economia nacional passou por um processo de ajuste. Desde políticas de proteção às indústrias caracterizadas pelo uso excessivo de tarifas de importação sobre produtos industriais, até a discriminação da agricultura para promover a industrialização, até a adaptação ao atual destaque por meio da nova fase do ambiente macroeconômico. Mercado global e suas dificuldades impostas pela capacidade dos agricultores, e investimentos em tecnologia e pesquisa, transformaram o ambiente hostil em um estímulo que rompeu barreiras ao seu desenvolvimento.

O trabalho de Delgado, Gasques e Verde (2006) mostra que, a partir de 1965, o processo de modernização entrou em estágio avançado, o estágio de industrialização agrícola. A terra deixa de ser um “laboratório natural” e passa a ser uma mercadoria, os equipamentos utilizados não são mais uma simples ferramenta de trabalho, mas uma parte do capital a ser valorizada, e a produção agrícola tornou-se um elo da cadeia, negando o velho e características complexas do campo. Assim, com o advento da agroindústria, a agricultura brasileira passou autocentrada para industrial.

No entanto, segundo Assad e Almeida (2004), duas coisas não mudaram ao longo do tempo: para produzir alimentos que atendam às necessidades da sociedade, é preciso praticar a agricultura, e isso impacta o meio ambiente. Ao longo da história do Brasil, do século XVI até os dias atuais, sua riqueza se baseou em produtos agrícolas, responsáveis por grande parte do PIB. O aumento da produtividade contribui para a competitividade do agronegócio brasileiro graças a uma verdadeira revolução tecnológica.

As mudanças no pensamento social levaram a uma mudança nas tendências agrícolas e globais. Os temores das consequências da agricultura industrializada do Brasil surgiram na década de 1970 e não ganharam maior visibilidade até 1990. Nesse ponto, surgem questões de sensibilidade ecológica com o reconhecimento de danos ambientais e alterações no equilíbrio dos ecossistemas existentes (RODRIGUES, 2015).

A agricultura é uma das essenciais e relevantes atividades da existência humana. Os

principais produtos agrícolas do Brasil são cana-de-açúcar, café e laranja, e os maiores produtores mundiais são soja, fumo e carne bovina. A produção é uma parte relevante da maioria das economias do mundo. O agronegócio é o principal pilar da economia brasileira. Impulsionado pelo crescimento da produção nos últimos anos, o Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio atingiu 821 bilhões de reais em 2010, respondendo por 22% de toda a riqueza do Brasil (FAO, 2010).

Crescimento acumulado de mais de 30% na última década. Este crescimento é devido à disponibilidade de terras férteis para agricultura e pecuária. Além de suas vastas terras, o Brasil possui as maiores reservas de água doce do planeta, com mais de 8.000 quilômetros quadrados, e o país possui 7.400 quilômetros (MPA) de litoral (SIDONIO, 2012).

No entanto, o uso desses recursos para a produção agrícola vai muito além do seu potencial. A produção de alimentos é um dos maiores desafios do mundo. A agricultura atualmente produz alimentos para aproximadamente 7,4 bilhões de pessoas em todo o mundo. O demasiado crescimento populacional fez com que a população consumisse a maior parte do que a terra tem para oferecer. Com uma população tão grande, é quase utópico imaginar uma produção de alimentos suficiente sem repercussões (CULTURA, 2017).

Os danos à natureza se devem em grande parte ao crescimento populacional, tornando a população mundial uma das principais fontes desses problemas. Na maioria dos casos, as taxas de crescimento populacional dos países mais ricos e desenvolvidos são inferiores às dos países menos desenvolvidos. Apenas um terço da população mundial vive em países desenvolvidos, que consomem cerca de 85% do total de recursos produzidos no mundo. De fato, se todos os países se desenvolvessem e vivessem de acordo com os padrões atuais de desenvolvimento, o ambiente terrestre não seria capaz de sustentar a população de hoje (DALARI; GARRAFA; FRANÇA, 2007).

As atividades agrícolas causam danos ao meio ambiente, afetando solo, água, flora e fauna. A agricultura causa danos irreversíveis aos solos, transformando terras antes férteis em impróprias para o uso, além de milhões de litros de água utilizados para atividades agrícolas. Segundo estudo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) nesse contexto, os combustíveis fósseis e a agricultura são as atividades de maior impacto ambiental globalmente (UNEP, 2010).

A agropecuária é uma série de atividades relacionadas à agricultura e pecuária sendo de grande importância humana e econômica, pois é produzido para consumo humano e venda dos produtos obtidos. No entanto, a expansão da agricultura e o uso de métodos agrícolas e pecuários levantaram algumas preocupações ambientais (MONTIBELLER-FILHO, 2001).

O desmatamento é uma prática agrícola muito comum. A remoção da cobertura vegetal leva à perda de biodiversidade, extinção de espécies vegetais e animais, desertificação, erosão, perda de nutrientes do solo, aquecimento global e outros danos, conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 - Desmatamento provocados pela agropecuária

Fonte: Francisco (2020)

A incineração, método amplamente utilizado para a retirada da vegetação original, agrava a poluição do ar, além de reduzir os nutrientes do solo, o fato de serem utilizados mais produtos químicos (fertilizantes) no processo de cultivo de determinados alimentos é a causa da poluição do solo (RODRIGUES, 2015).

Coutinho (2005) explica que outro agravante é o uso de agrotóxicos (inseticidas e herbicidas), que contaminam solos, lençóis freáticos e rios. Esses produtos são projetados para eliminar insetos na plantação, penetrar no solo e atingir as águas subterrâneas. Quando a água da chuva flui através dessas plantações, ela transporta pesticidas para os rios, causando poluição da água.

Na pecuária, além da substituição da vegetação por pastagens, outra preocupação ambiental é a compactação do solo resultante da movimentação dos rebanhos. O solo compactado dificulta a penetração da água e aumenta o escoamento superficial, gerando erosão. Esses animais também contribuem para o aquecimento global liberando gás metano (RODRIGUES, 2015).

Gasques (2010) cita ainda que diante da necessidade de produzir alimentos para atender a demanda mundial e ao mesmo tempo proteger a natureza, é necessário implementar métodos sustentáveis na agricultura para reduzir os problemas ambientais causados por essa atividade. Por exemplo, o pousio é uma técnica destinada a “descansar” o solo até que sua fertilidade seja restaurada.

3. OS IMPACTOS DEGRADANTES E OS RISCOS GERADOS SOBRE O MEIO AMBIENTE EM TERRITÓRIO BRASILEIRO

Os impactos ambientais das atividades agrícolas e pecuárias vêm principalmente de dois fatores: alteração no uso da terra resultante do desmatamento e conversão de ecossistemas naturais em terras cultivadas e má gestão resultando na degradação das terras cultivadas. Esses dois fatores estão inter-relacionados, e a degradação das terras agrícolas aumenta a demanda por novas terras agrícolas, pois o desmatamento e a consolidação de novas terras em áreas de fronteira costumam ser mais baratos do que restaurar terras improdutivas (GOUVELLO; SOARES FILHO; NASSAR, 2010). Além desses fatores, há impactos ambientais negativos causados por incêndios e poluição ambiental causada pelo uso excessivo de fertilizantes e defensivos agrícolas nas lavouras.

Os danos à natureza se devem em grande parte ao crescimento populacional, tor-

nando a população mundial uma das principais fontes desses problemas. Na maioria dos casos, as taxas de crescimento populacional dos países mais ricos e desenvolvidos são inferiores às dos países menos desenvolvidos. Apenas um terço da população mundial vive em países desenvolvidos, que consomem cerca de 85% do total de recursos produzidos no mundo. De fato, se todos os países se desenvolvessem e vivessem de acordo com os padrões atuais de desenvolvimento, o ambiente terrestre não seria capaz de sustentar a população de hoje (DALLARI; GARRAFA; FRANÇA, 2007).

As atividades agrícolas causam danos ao meio ambiente, afetando solo, água, flora e fauna. A agricultura causa danos irreversíveis aos solos, transformando terras antes férteis em terras impróprias, além de milhões de litros de água utilizados para atividades agrícolas. Segundo estudo do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2010), nesse contexto, os combustíveis fósseis e a agricultura são as atividades de maior impacto ambiental globalmente.

Antes de tudo vale ressaltar o que o CONAMA, Resolução 001/86, define como impacto ambiental (BRASIL, 2010):

(...) Considera-se impacto ambiental qualquer mudança nos elementos físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, gerados por algum tipo de componente na matéria forma de matéria ou energia que afete direta ou indiretamente:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas

III – a biota

IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente

V – a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 2010, p.23).

Andrade et al. (2011) explicam que esse panorama elaborado pela resolução, em todas as atividades que o ser humano faz devem passar por essa peneira para que todos os aspectos possam ser analisados e alternativas que contribuam para o meio ambiente possam ser encontradas. Portanto, as atividades do setor agrícola também devem ser revisadas em detalhes.

Segundo Teixeira (2005) as atividades agrícolas parecem ser as principais causas da grave degradação da água. A água em muitos cursos d'água que antes eram considerados imutáveis atingiu seu limite e não pode ser restaurada naturalmente. Muitas fontes naturais de água acabam sendo mal utilizadas e mal administradas.

Portanto, é preciso ressaltar que não só estimular o crescimento econômico de um país, mas também mensurar os danos à natureza, o que significa aumentar a capacidade de renovação de recursos, extinção de animais, poluição do ar e da água.

3.1 Os impactos na água

A água potável é um verdadeiro ouro azul, raro, mas para a indústria alimentícia é muito necessário poder garantir uma produção contínua. Considerando os países em desenvolvimento do mundo, nota-se que o acesso à água potável é difícil, senão quase inexistente. Portanto, é necessário entender que os dias de restrição de consumo e desperdício de água na indústria de alimentos acabaram, conforme Figura Quadro 1.

| | |
|----------------|---|
| Carne bovina | 15.400 litros de água/kg. |
| Chá verde | 8.860 litros de água/kg. |
| Carne de porco | 6.000 litros d'água/kg. |
| Arroz | 2.500 litros d'água/kg. |
| Cana-de-açúcar | 1.800 litros de água a cada 1 kg. |
| Pão | 1.600 litros de água/kg. |
| Cevada | 1.420 litros de água/kg |
| Maças | 125 litros de água para produzir uma única maçã. |
| Leite | 1.000 litros de água para produzir um litro de leite. |
| Vinho | 610 litros de água/kg |

Quadro 1- A classificação dos alimentos que mais consomem água em suas produções

Fonte: Water Footprint Network (2016)

Cerca de 70% da superfície da Terra é coberta por água. No entanto, menos de 3% desse volume é água doce, ou seja, água para consumo humano. A agricultura é em grande parte responsável pelo forte gradiente de água. A água em muitos cursos d'água, antes considerados imutáveis, atingiu um limite em que não pode ser recuperada naturalmente. Muitas fontes naturais de água acabam sendo mal utilizadas e mal administradas (DE GOD; BAKONYI, 2012). Este recurso natural não é apenas crítico para questões econômicas, mas também para proteger a saúde humana do esgotamento.

O uso intensivo da terra também é uma questão ambiental muito importante. Isso, combinado com a gestão inadequada da água, agrava os processos naturais de erosão e sedimentação nos cursos d'água conforme Figura 2.



Figura 2 -Assoreamento de um córrego devido à retirada da mata ciliar para usar o dolo no plantio de cana-de-açúcar

Fonte: Francisco (2020)

Relacionado a esses problemas está o uso inadequado de agrotóxicos. Esforços para colocar produtos menos agressivos no mercado de agroquímicos, mesmo utilizando de-

fensivos naturais ou herbicidas, são reconhecidos, mas ainda são produtos mais caros e, portanto, consomem menos (ASSUNÇÃO; GANDOUR; ROCHA, 2012).

Assim, alta presença de resíduos tóxicos em alimentos, alterações biológicas, poluição e degradação ambiental, intoxicação biológica e mortalidade descontrolada, e mudanças no comportamento de pragas, surtos e seleção (SAXENA, 2000), estão entre as causas do uso indiscriminado e não planejado de tais produtos químicos.

No entanto, sob condições atóxicas, os grupos nitro são reduzidos sequencialmente. No entanto, a toxicidade dos produtos químicos utilizados pelos agricultores varia de acordo com o grupo químico, sendo os produtos compostos por organofosforados os que apresentam os maiores efeitos tóxicos em humanos e outros mamíferos (COUTINHO et al., 2005).

3.2 Desmatamento e degradação do solo

Embora a área total de estabelecimentos agrícolas tenha crescido de forma relativamente modesta nas últimas décadas, a conversão de florestas no país para outras formas de uso da terra está se acelerando. Estima-se que cerca de 420 mil quilômetros quadrados de vegetação natural tenham sido desmatados nos últimos 20 anos, a maioria localizada na floresta amazônica e no Cerrado (INPE, 2012).

Vários fatores contribuíram para esse desmatamento, como políticas de incentivo à colonização, incentivo à exportação de commodities, grilagem de terras e especulação imobiliária. No entanto, as taxas de desmatamento diminuíram nos últimos anos, em parte devido ao esforço do governo federal em monitorar e combater o desmatamento por meio da Lei do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAM). No entanto, há também uma correlação entre as taxas de desmatamento e os preços das principais commodities agrícolas nos mercados internacionais, sugerindo uma forte relação entre a expansão agrícola e o desmatamento no país (BARRETO; PEREIRA; ARIMA, 2008).

Existem poucos dados sobre a quantidade total de terras degradadas no Brasil. De acordo com o Censo Agropecuário (IBGE), as instalações rurais brasileiras terão 9,8 milhões de hectares de pastagens degradadas e 700 mil hectares de terras degradadas (erosão, desertificação e salinização). No entanto, esses dados não incluem terras degradadas e abandonadas, que não estão incluídas nos estabelecimentos agropecuários pesquisados, e certamente subestimam a extensão da degradação das pastagens brasileiras. O país possui 163 milhões de hectares de pastagens (IBGE, 2010).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), por meio do “Projeto Desenvolvimento de Tecnologias Geotécnicas para Identificação e Monitoramento da Degradação de Pastagens” (Geodegrade), iniciou um esforço para investigar a extensão da degradação de pastagens no Brasil por meio de imagens de satélite. O primeiro estudo publicado no estado de Goiás mostrou que 27% das pastagens estavam de alguma forma degradadas (ANDRADE et al., 2011).

As pastagens degradadas apresentam altas taxas de erosão do solo e baixa produtividade, tornando-as mais vulneráveis a pragas, doenças e plantas invasoras. A baixa produtividade forrageira das pastagens brasileiras se reflete na baixa lotação média de gado por hectare (0,93 cabeça/ha) (IBGE, 2010).

Os agricultores brasileiros ainda raramente empregam práticas simples para evitar a degradação do solo, como plantio direto de palha, plantio em contorno e rotação de cul-

turas. Há também considerável heterogeneidade no uso dessas práticas entre as regiões, com maiores taxas de práticas de conservação do solo e da água sendo usadas nas regiões sul, mas maiores taxas de uso do fogo nas regiões norte e nordeste apresentado na Tabela 1.

| | Práticas de conservação do solo | | | Queimadas (%) |
|--------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------|
| | Plantio direto (%) | Plantio em nível (%) | Rotação de culturas (%) | |
| Norte | 4,5 | 16,0 | 3,9 | 26,2 |
| Nordeste | 3,0 | 25,3 | 7,2 | 21,8 |
| Sudeste | 3,4 | 37,9 | 9,3 | 2,4 |
| Sul | 36,3 | 41,1 | 33,5 | 1,5 |
| Centro-Oeste | 4,5 | 16,8 | 6,9 | 1,9 |
| Brasil | 10,4 | 29,3 | 12,4 | 13,6 |

Tabela 1-Brasil e Regiões: porcentagem de estabelecimentos que aplicam práticas de conservação dos solos e que utilizam queimadas no preparo da terra

Fonte: IBGE, 2010

Os agricultores brasileiros ainda raramente empregam práticas simples para evitar a degradação do solo, como plantio direto de palha, plantio em contorno e rotação de culturas. Há também considerável heterogeneidade no uso dessas práticas entre as regiões, com maiores taxas de práticas de conservação do solo e da água sendo usadas nas regiões sul, mas maiores taxas de uso do fogo nas regiões norte e nordeste.

Práticas inadequadas de manejo agrícola interferem na degradação do solo. A degradação do solo reduz sua produtividade devido à erosão hídrica. Isso pode ocorrer naturalmente no meio ambiente, mas com a ação humana continuada, esse processo de erosão se acelera.

Algumas práticas de manejo do solo promovem alterações em suas propriedades físicas, principalmente alterações estruturais, que podem ser permanentes ou temporárias, e também afetam os processos erosivos. Como resultado, os solos cultivados intensivamente são alterados tanto no nível de poros quanto na densidade do solo (CAPPENEDO; MELNICK ZUCKER, 2000). Toda ou parte da fertilidade da terra foi perdida, exceto pelo desmatamento para criação de áreas agrícolas.

4. MÉTODOS SUSTENTÁVEIS QUE VISAM MINIMIZAR OS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA ATIVIDADE AGRÍCOLA

Os avanços nas fronteiras da agricultura diante da exploração vegetal nativa, o nível de contaminação da terra por agrotóxicos, a geração de resíduos que demoram para se decompor, a erosão do solo e as mudanças climáticas, os impactos e danos ambientais causados pelo desenvolvimento do agronegócio no Brasil todos esses fatos existem desde a colonização e têm apresentado forte avanço principalmente a partir do século XXI. Com isso em mente, é urgente encontrar alternativas para tornar mais harmoniosa a relação entre o agronegócio brasileiro e a proteção ambiental (RODRIGUES LUIZ, 2013).

Ruiz (2017) explicou que com o desenvolvimento do crédito, para se beneficiar da principal fonte de financiamento fornecida pelo governo, começaram a surgir certas obrigações no que diz respeito ao cumprimento de procedimentos relacionados à legislação ambiental vigente, bem como a necessidade de licenças referentes aos recursos a serem utilizados.

Além disso, algumas das linhas de crédito do Brasil por meio de financiamento agro-ambiental facilitam a restauração de áreas degradadas e a implementação de técnicas de produção sustentável. Pode-se citar, por exemplo, a Propflora e o Pronaf Florestal, cuja finalidade é implantar ou transformar florestas para fins industriais ou para produção de combustíveis, bem como gerar investimentos em sistemas agroflorestais, exploração e restauração de florestas e manutenção de APPs e áreas protegidas estatutárias (CARDOSO, 2011).

No que se refere aos financiamentos disponíveis para investimento e custeio de produção, além da documentação básica de qualquer linha de crédito rural, é exigida documentação que comprove a formalidade em relação ao licenciamento ambiental da área a ser cultivada, bem como o correto registro no registro ambiental de carros rurais. Outras exigências também variam de acordo com a legislação municipal ou estadual e seus respectivos órgãos relacionados às questões ambientais (SILVA, 2000).

Com isso em mente, é importante ressaltar que o progresso da pesquisa sobre os requisitos para o quadro de financiamento adequado mostrou que as questões ambientais se tornaram cada vez mais importantes. Considerando a forma como os créditos foram concedidos no final da década de 1990 em comparação com 30 anos depois, fica claro que o pensamento sustentável aparece como uma ferramenta para aproveitar melhor os recursos financeiros disponíveis e, assim, reduzir a degradação ambiental (REGO; MARQUES, 2011).

Nesse sentido, o uso da tecnologia também atua como antítese à ampliação das fronteiras, com o objetivo de reduzir os danos ao meio ambiente. “Conhecimento e tecnologia em contextos sociais, econômicos e ecológicos locais, visando aumentar a rentabilidade e minimizar o impacto ambiental, têm sido utilizados para promover processos de intensificação da produção” (EMBRAPA, 2018, p. 66).

Atualmente, o arcabouço do agronegócio depende de especialização e conhecimento técnico responsável pelo uso sustentável dos recursos produtivos. Frente a esses requisitos, a produção só pode ser realizada de forma extensiva, reduzindo ainda mais o nível de preservação (MENEZES; BORGES; COSTA, 2019).

A atribuição tecnológica abrange avanços significativos em toda a atividade econômica, tanto nacional quanto internacionalmente. No que diz respeito à implementação de tecnologias inovadoras no agronegócio, a produtividade e eficiência dos equipamentos e processos produtivos podem ser aumentadas, reduzindo a geração de externalidades negativas.

A redução dos custos de produção e a crescente utilização de novas tecnologias no processo produtivo para aumentar a eficiência das máquinas agrícolas, recursos humanos e recursos naturais tornaram-se requisitos essenciais para entrar no mercado. De fato, o crescimento da produção nos últimos 40 anos foi impulsionado em grande parte pelos avanços tecnológicos (EMBRAPA, 2018, p. 74).

Como evidência, Neves, Zylbersztajn e Caleman (2015) apontam para os desafios da transição para sistemas agroalimentares mais sustentáveis. Questões como restrições ecológicas relacionadas à demanda crescente, tecnologias e práticas agrícolas, política e governança internacional e consumo consciente por parte dos cidadãos fazem parte da adversidade que precisa ser melhorada. Ressaltaram também que o impacto nos novos padrões de demanda pode ser incorporado por meio de campanhas que defendam o consumo de alimentos orgânicos e a redução da quantidade de alimentos perdidos ou desperdiçados, além de promover o uso de tecnologias e práticas que reduzam o uso de insumos em solo e água contaminados.

Segundo a Embrapa (2018), a instituição da política de modernização agrícola do Brasil fornece a trajetória de crescimento do índice de produtividade. Como exemplo desse

crescimento, os rendimentos mais do que quadruplicaram, enquanto a área cultivada aumentou apenas marginalmente.

Devido aos esforços de governos, instituições de ciência e tecnologia (C&T), agentes do setor público e privado e, principalmente, produtores rurais, observa-se um aumento substancial da produtividade do setor agropecuário, principalmente a partir da década de 1990. No geral, enquanto a produção aumentou 4,5 vezes, o uso de insumos aumentou mais de 15% [...]. (EMBRAPA, 2018, p. 15).

O uso de tecnologia e o desenvolvimento de pesquisas no setor do agronegócio são fatores que aumentam a produtividade e reduzem ainda mais a necessidade de expansão da fronteira agrícola.

Rodrigues Luiz (2013) afirmou que a necessidade de aumentar a produção do agronegócio brasileiro é um assunto que precisa ser analisado para que se estabeleça um nível de equilíbrio em termos de proteção ambiental. Apontou-se que para atingir esse ponto ideal para produção e conservação, era necessário utilizar os recursos de forma racional, atrelada ao aumento do uso de novas tecnologias, o que beneficiaria o desenvolvimento da tecnologia. maior produtividade.

Para Assad, Martins e Pinto (2012), é necessária uma política de incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D). Os autores ressaltam que a aplicação de métodos agrícolas inovadores, rotação de culturas e pastagens, aumento da produtividade por hectare, implementação de bioengenharia de alimentação animal e integração agropastoril são importantes desenvolvimentos de projetos para o uso mais eficiente dos recursos naturais e da agropecuária.

A implantação do modelo Integrado Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) também aparece como uma alternativa ambientalmente mais sustentável para o agronegócio. Desta forma, a rotação de culturas também ajuda a reduzir o impacto da erosão do solo e do esgotamento de nutrientes na terra. A utilização desse tipo de sistema de produção mostra, assim, que o crescimento do agronegócio, da produção agropecuária pode ser conciliado com a proteção ambiental e proporcionar benefícios aos produtores e à sociedade como um todo (MENEZES; BORGES; COSTA, 2019).

Silva (2000) disse que a produção integrada ajuda os produtores a usar os recursos de forma mais eficiente, melhorar a qualidade do solo e da água e reduzir a crescente demanda por agrotóxicos e agrotóxicos. Quanto às questões sociais, a geração de empregos e renda e o aumento da produtividade impulsionaram a competitividade do agronegócio, contribuindo para aumentar a oferta de produtos e melhorar a segurança alimentar das pessoas. Além disso, os incentivos relacionados ao agronegócio sustentável começam a fortalecer esse setor econômico e focam no surgimento de um novo modelo de consumo mais consciente.

O uso racional e sustentável de diferentes espécies nativas do Brasil também tem sido um importante aspecto da ação de governos, indústrias e movimentos sociais nos últimos anos.

[...] estão surgindo novos nichos de mercado, envolvendo produtores e o setor agroindustrial, com maior ênfase na biodiversidade de espécies nativas como frutas, castanhas, palmito, peixes e recursos florestais não-madeireiros. Esses sistemas devem se tornar cada vez mais relevantes no processo de intensificação agrícola sustentável no Brasil nas próximas décadas (EMBRAPA, 2018, p. 77).



Conforme observado por Cardoso (2011), o uso otimizado da vegetação nativa e a conservação da biodiversidade são fatores que devem ser incorporados aos ecossistemas alternativos para mantê-los ao longo do tempo. No entanto, a divulgação de informações sobre os benefícios desse modo de produção está cada vez mais voltada para a conservação dos recursos naturais, o que é visto como uma necessidade premente.

A redução do uso de agrotóxicos ou insumos que causam severa degradação do solo também parece ser uma alternativa mais sustentável e ecologicamente correta para o agronegócio. Segundo Assad, Martins e Pinto (2012) potencial dos agrotóxicos em afetar os ecossistemas depende principalmente das propriedades dos ingredientes ativos e inertes do produto”. maior o resultado. No entanto, esses pesticidas têm maior potencial de poluição e são mais propensos a degradar terras cultivadas.

Considerando as afirmações de Assad, Martins e Pinto (2012) e os problemas colocados pelo uso intensivo de produtos químicos no agronegócio, é possível chegar a um consenso sobre a redução ou substituição do uso de defensivos agrícolas como defensivos agrícolas, herbicidas etc. fungicidas e outros itens utilizados na prática e pecuária podem beneficiar o desenvolvimento e regeneração de áreas já degradadas. Ainda assim, é possível criar um modelo de produção cada vez mais limpo, utilizando apenas compostos orgânicos em vez de fertilizantes industriais e modificação genética, o que melhoraria a resistência a pragas.

Outro fator que vai mudar a produção do agronegócio, estimulando uma maior atenção à proteção ambiental, é o uso de ferramentas e políticas econômicas, como incentivos fiscais. Como discutem Assad, Martins e Pinto (2012), a redução de impostos e os incentivos fiscais são uma ferramenta econômica que pode motivar os produtores a adotarem práticas agrícolas que emitem menos gases de efeito estufa”.

Dessa forma, os produtos químicos utilizados na produção podem ser mais bem analisados e alternativas cada vez mais favoráveis podem ser criadas com base nos incentivos fiscais oferecidos pelo governo. Portanto, os agrotóxicos enquadrados em tais resoluções são considerados produtos baseados no uso de compostos orgânicos ou produtos que podem ser utilizados sem destruir a natureza (CECHIN, 2018).

Outra opção para coordenar o desenvolvimento do agronegócio e a proteção ambiental podem ser campanhas de conscientização e educação escolar e rural para disseminar informações. Nessa linha de pensamento, a facilitação de reuniões e conferências com grandes e pequenos produtores também tem se mostrado um poderoso auxílio na disseminação dessas mensagens (RUIZ, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a importância da preservação ambiental no âmbito do desenvolvimento econômico, a estrutura produtiva da agricultura brasileira e sua participação na economia nacional se mostram como variáveis determinantes para a questão ambiental. Nesse sentido, a economia brasileira baseada nas culturas agrícola e pecuária, que por muitos anos mostrou-se como o sustento econômico, passa a observar a importância da conservação do meio ambiente.

Com os avanços no crescimento do agronegócio, a questão ambiental surge como um empecilho para a ascensão das fronteiras agrícolas, limitando a produção a fim de propiciar maior durabilidade dos recursos naturais. Nesse sentido, apresenta-se um desafio contínuo ao desenvolvimento, ao ponto que o aproveitamento das terras provoca a devastação das florestas em nome de aumentos produtivos.

Além disso, a fim de monitorar e reduzir a degradação ambiental e o uso desenfreado dos recursos naturais, a legislação brasileira mostra-se como uma resposta para que este problema seja solucionado. A criação de órgãos como o IBAMA e o CONAMA possibilitam maior controle e fiscalização em relação às medidas de prevenção dos danos ao meio ambiente

Ainda, deve-se tomar como necessária, a criação de alternativas sustentáveis para aumentos produtivos. O uso de tecnologias no campo vem mostrando vantagens em relação ao aumento das áreas trabalhadas, assim sendo, tem-se um viés mais desenvolvimentista com fins de aumentar a produção do agronegócio, levando em conta a questão ambiental e a importância da preservação de florestas, solos e águas

Por fim, destaca-se que o crescimento econômico proporcionado pelo desenvolvimento do agronegócio é um forte impulsionador do PIB brasileiro. Entretanto, o uso irregular de áreas que deveriam ser conservadas, a falta de preservação ambiental e a necessidade de investimentos para que se possibilite maior controle ambiental são pontos chave que devem ser cada vez mais estudados e aprofundados devido à sua complexidade e externalidades causadas ao longo do tempo.

Referência

- ALBUQUERQUE, MCC; NICOL, R. **Setor Primário e a Evolução da Economia Brasileira**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 2000
- ANDRADE, L. M.; RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C.; RODRIGUES, I. A. Sistema de avaliação de impacto ambiental de inovações tecnológicas nos segmentos agropecuário, produção animal e agroindústria (Sistema Ambitec). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 8 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 5).
- ASSUNÇÃO G. S.; GANDOUR, C.; ROCHA, I. **Avaliação do impacto ambiental nas dimensões valores socio-culturais e valores econômicos do agroturismo na Região de Itu (SP)**. In: Congresso Internacional sobre Turismo Rural e Desenvolvimento Sustentável, 2., 2021, Joinville. As políticas públicas e ações privadas para o turismo rural. Joinville: [s.n.J, 2004b. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, Paulo Fernando Cidade de (Coord.); SCHUH, G. Edward. **Desenvolvimento da Agricultura: Natureza do Processo de Modelos Dualistas**. São Paulo: Ed. Livraria Pioneira, 2005.
- ASSAD, Maria Leonor Lopes; ALMEIDA, Jalcione. **Agricultura e Sustentabilidade - Contexto, Desafios e Cenários**. Ciência & Ambiente, n. 29, 2008.
- ASSAD, Eduardo Delgado; MARTINS, Susian Christian; PINTO, Hilton Silveira. **Sustentabilidade no agronegócio brasileiro**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/66505/1/doc-553.pdf>> Acesso em 11 out 2022.
- BARRETO, I. A.; PEREIRA, R. T. S.; ARIMA L. O. **Avaliação ponderada de impacto ambiental do agroturismo na fazenda exemplo (Região de Itu, SP)**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 1 CD-ROM. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 22).
- BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução n.001, de 23 de janeiro de 2010. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 2010
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregados e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Piracicaba, v.14, n.1 p.99-105, 2000.
- CARDOSO, Léa Vaz (org.). **Financiamento agroambiental no Brasil: subsídio para desenvolvimento de políticas de crédito de apoio à regularização ambiental de propriedades rurais**. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011
- CECHIN, Andrei. **Fundamento central da economia ecológica**. In: **Economia do meio ambiente: teoria e**

prática. MAY Peter (org), 3 ed. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2018.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nQ 1, de 23 jan. 2010. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 2010, Seção 1, p. 2548-2549.

COUTINHO, C. F. B. et al. Pesticidas: mecanismo de ação, degradação e toxidez. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 15, p. 65-72, jan.-dez., 2005.

CULTIVANDO. Disponível em www.cultivando.com.br/os-impactos-da-agricultura/. Acesso em 26 de setembro de 2022.

DALLAREI, D.R.; GARRAFA, A.P.; FRANÇA, U.I Inhibition of mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) by ethanolic leaf extracts of neem (*Azadirachta indica*) in the Northern Mariana Islands. **Neem Proceedings**, p.52-55, 1999.

DELGADO, Guilherme Costa; GASQUES, José Garcia (Orgs); VERDE, Carlos Monteiro Villa (Org.). **Agricultura e Políticas públicas**. 2. ed. Brasília: Ed. BNDES, 2006

DE DEUS, Rafael Mattos; BAKONYI, Sonia Maria Cipriano. O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. **Electronic Journal of Management**, Education and Environmental Technology (REGET), v. 7, n. 7, p. 1306-1315, 2012

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: O futuro da agricultura brasileira**. Brasília, 2018.

FAO. **Água na agricultura**. Roma: Relatório técnico, 1998, 18p.

FRANÇA, Jodenir Calixto. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica AGB-TL**, v. 1, n. 2, p. 21-42, 2005.

GASQUES, José Garcia (Org); CONCEIÇÃO, Júnia Cristina P. R. da (Org). **Transformações da Agricultura e Políticas Públicas**. Brasília: IPEA, 2010

GOUVELLO, I.; SOARES FILHO, M.; NASSAR, M. Sustainable crop production: definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. **Crop Sciences**, v. 39, p. 184-193, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA b. **Levantamento sistemático da produção agropecuária: série histórica da estimativa da área plantada, área colhida, produção e rendimento médio dos produtos da lavoura**. Rio de Janeiro, 2010.

LACERDA, Antônio Corrêa de et al. **Economia Brasileira**. 3. ed. São Paulo: Ed. Saraiva, 2008.

MENEGUETTI, Gilmar Antônio. **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Agricultura Familiar**. PGDR/UFRGS. Porto Alegre: 2004.

MENEZES, Cláudia, BORGES, Gabriella, COSTA, Kerolayne. **Sustentabilidade: ODS 1 Erradicação da pobreza**. São Paulo, 2019.

MMA. **Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em http://www.mma.gov.br/e-estruturas/secex_consumo/arquivos/4%20-%20mcs_alimentos.pdf acesso em 19 de outubro de 2022.

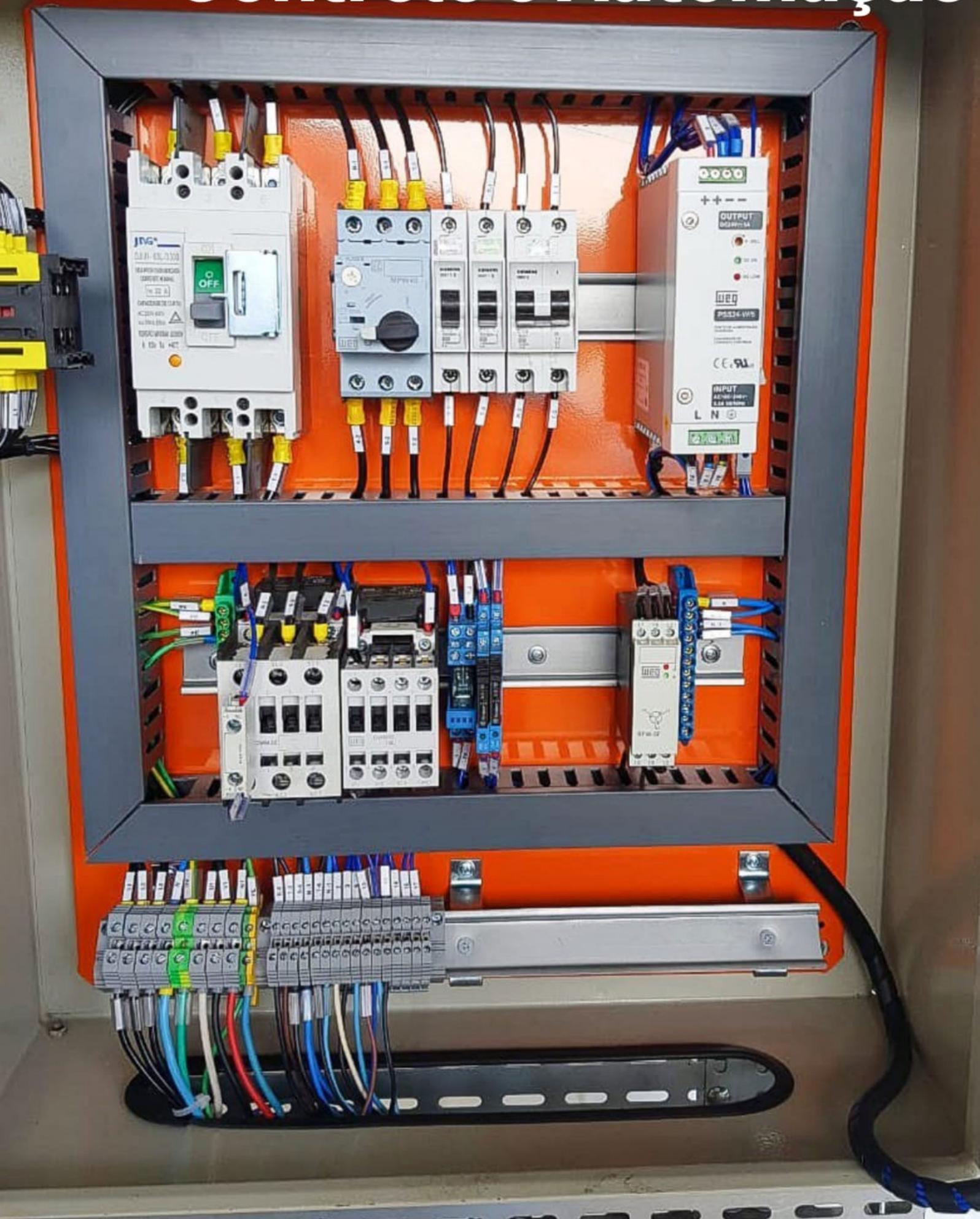
MONTIBELLER-FILHO, Gilberto. **O Mito do Desenvolvimento Sustentável**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2001.

MUNHOZ, Dercio Garcia. **Economia Agrícola: Agricultura - Uma Defesa dos Subsídios**. Petrópolis: Ed. Vozes, 2007

NEVES, Marcos Fava; ZYLBERSZTAJN, Decio; CALEMAN, Silvia M. de Queiroz (org.). **Gestão de sistemas de agronegócios**. São Paulo: Atlas, 2015.

NOGUEIRA. Antonio Carlos Lima; SCHMUKLER, Adolfo. **Os Pequenos Produtores Rurais e a Sustentabilidade**. Portal do Agronegócio, 2011.

UNEP. Un Environment Programme. **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**



7

A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO DENTRO DE UM HOSPITAL

THE IMPORTANCE OF AUTOMATION WITHIN A HOSPITAL

Carlos Manoel Oliveira De Castro

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O presente estudo tem como tema a importância da automação dentro de um hospital, visto que, automação auxilia em processos necessários da enfermagem, facilita ferramentas para uso médico e supervisiona sistemas e ambientes para garantir o perfeito funcionamento da unidade de saúde tanto para os setores como para os pacientes e prevenir problemas. Por esta razão surgiu o seguinte questionamento: qual a importância da automação dentro de um hospital? Com base nisso, determinou como objetivo geral demonstrar os principais e mais utilizados softwares e hardwares, mostrar vantagens trazidas pela automação dentro dos vários setores hospitalares, apresentar o importante papel do engenheiro clínico e ou engenheiro biomédico dentro dos estabelecimentos de saúde e como objetivo específico: demonstrar o uso de tecnologias com automação dentro do hospital; conhecer os profissionais responsáveis pelas implementações automatizadas; apontar diferentes setores e formas de automação encontrada neles. No tocante ao exposto fez-se um trabalho de revisão bibliográfica e encontrou-se como resultado, a relevante e importante participação da automação no avanço da tecnologia médica, aperfeiçoamento do profissional, caminhando a engenharia junto à saúde para tratamento, diagnóstico de doenças, gestão e controle de manutenção também com foco na qualidade dos serviços prestados e cuidado de pacientes.

Palavras-chave: Automação, Tecnologia, Saúde, Medicina, Gestão.

Abstract

The present study has as its theme the importance of automation within a hospital, since automation assists in necessary nursing processes, facilitates tools for medical use and supervises systems and environments to ensure the perfect functioning of the health unit for both sectors and patients, and prevents problems. For this reason the following question arose: what is the importance of automation within a hospital? Based on this, it was determined as a general objective to demonstrate the main and most used software and hardware, to show advantages brought by automation within the various hospital sectors, to present the important role of the clinical engineer and/or biomedical engineer within health establishments and as a specific objective: demonstrate the use of technologies with automation within the hospital; know the professionals responsible for automated implementations; point out different sectors and forms of automation found in them. Regarding the exposed made a work of literature review and found as a result, the relevant and important participation of automation in the advancement of medical technology, professional improvement, walking engineering together with health for treatment, diagnosis of diseases, management and maintenance control also focusing on the quality of services provided and patient care.

Keywords: Automation, Technology, Health, Medicine, Management.



1. INTRODUÇÃO

Accreditação é um método de avaliação e certificação que tem como objetivo, baseado em padrões e requisitos previamente definidos, desenvolver a qualidade e a segurança da assistência no setor de saúde. E os hospitais e clínicas que prezam por qualidade têm buscado selos acreditações.

Novas tecnologias surgem a todo o momento, é útil e importante o uso automação para agregar qualidade, gestão e controle a segurança e as boas práticas definidas por normas e por modelos de avaliação nacionais e internacionais a saúde.

A automação também pode ser uma ferramenta para inspecionar de forma automática o funcionamento de equipamentos como, por exemplo, equipamentos de diagnóstico por imagem, tratamento oncológico e até mesmo realizar monitoramento instantâneo de sinais vitais de pacientes internados, alertando com luzes e sons eventos e ocorrências como parada cardíaca, dessaturação de oxigênio, dentre outros.

Porém, no âmbito hospitalar onde se trata doenças e presta-se assistência a feridos, qual importância da automação dentro de um hospital? Para responder a esse questionamento definiu-se como objetivo geral deste trabalho, compreender como a automação pode atuar dentro dos hospitais em diversos setores e diferentes formas. Enquanto os objetivos específicos foram demonstrar o uso de tecnologias dentro do hospital, conhecer os profissionais responsáveis e apontar diferentes setores e formas de automação encontradas neles.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi revisão de literatura, no qual foi realizada a consulta de artigos científicos, tendo como fonte: Google Acadêmico, Scielo e Ministério da Saúde. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos dez anos e as palavras-chave utilizadas na busca foram: automação hospitalar, engenharia clínica e base de dados do ministério da saúde também foram consultadas e extraídas as resoluções: RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012 e RESOLUÇÃO Nº 2, DE 25 DE JANEIRO DE 2010. A fim de demonstrar regularidade e segurança do uso e aplicação de máquinas e sistemas no âmbito hospitalar.

2. HOSPITAIS: SETORES E ASPECTOS CONCEITUAIS COM MÁQUINAS E SISTEMAS

Tendo a automação dentro de um hospital como objeto de estudo, é necessário identificar onde ela é contida, ou seja, qual instituição é responsável pelo funcionamento e gestão desta ferramenta. Nesta parte também serão apresentados setores hospitalares usuários de automação.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), hospital é um gerenciador de caráter médico-social, que deve proporcionar com garantia assistência médica, tanto curativa e ou preventiva, para a sociedade, além de ser um centro de medicina e pesquisa.

Como Advogado sobre este conceito Castro *et al.* (2003, p.3) discorre desta maneira:

Hospital é um tipo específico de estabelecimento de saúde, constituindo-se em uma parcela significativa de toda a infraestrutura de serviços de atenção à saúde. Incluem-se neste contexto, os postos e os centros de saúde, as policlí-

nicas, os prontos-socorros e os ambulatórios a disposição da população (CASTRO *et al* 2003, p.3).

O autor define o hospital e a diferencia dos demais estabelecimentos de saúde pela possibilidade de oferecer leitos para a internação dos pacientes e todas as suas características hospitalares. Porém abordaremos também as características aplicadas a engenharia.

É sabido que, sem exceção, produtos de serviços precisam ser regulamentados, por Normas Técnicas (NBR) e Anvisa, e uma das formas de para executar essas regulamentações são as Resoluções de Diretoria Colegiada (RDC). De acordo com, Mitozo (2021) a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) são normas regulamentares propostas pela Anvisa, visando garantir boas práticas por meio de padrões de qualidade de produtos e serviços.

Mitozo (2021) ainda discorre que, todas as resoluções exprimem finalidade de contribuir com a Anvisa para que seus objetivos sejam cumpridos, tanto quanto a fiscalização de produtos, serviços e organizar todas as atividades do processo. No mais, as RDC's tem o objetivo do crescimento da qualidade e melhoria de controle de medicamentos, sanitários, entre outros, prevenindo a saúde da sociedade.

Hospitais objetivam como primordial um regime de excelência em assistência médica a seus pacientes. Gerando assim, uma série de documentos, como: cadastro, formulário, pedidos de exames, dentre outros. Estes documentos são de suma importância para controle no tratamento e cuidados do paciente, surgiu então a possibilidade de controle e armazenamento destes documentos de forma segura e compactada. Dessa forma integra a área da saúde a área da tecnologia da informação e automação para desenvolver sistemas para gerenciar prontuários (BARROSO, 2014).

De acordo com Filho *et al.* (2001) ainda podemos lembrar que historicamente, os sistemas de informações hospitalares foram desenvolvidos para atender inicialmente às necessidades administrativas: aplicações financeiras, folha de pagamento, contabilidade. Em seguida, enfatizou-se a automação dos sistemas médico-técnicos: patologia, radiologia, laboratórios, farmácia, os quais compõem também um sistema de informação hospitalar (FILHO *et al.*, 2001, p.108).

Filho *et al.* (2001) ainda discorre que a tecnologia da época viabilizou automatizar sistemas alimentados por informações bem amarradas. As informações fundamentais para a assistência direta ao paciente difundem-se em qualidade das informações administrativas. E as informações administrativas não necessitam ser alimentadas de imediato, mas os dados sobre a assistência ao paciente devem ser oportunos e lançados no ato ou momento do cuidado.

Gradativamente com o avanço da tecnologia e da automação, equipamentos médicos como: Autoclaves, lavadoras automáticas, equipamentos de diagnóstico por imagem e etc. passaram a ser automatizados ou gerenciados por um sistema de automação. Como por exemplo, o uso de máquinas automatizadas para realizar limpeza e esterilização de materiais cirúrgicos e hospitalares reutilizáveis.

Anvisa (2012), quanto a limpeza automatizada, refere-se a: autoclaves, lavadoras ultrassônicas, termodesinfectoras, equipamentos estes que realizam e substituem o trabalho manual com segurança, rapidez e qualidade certificada através de indicadores que garantem a eficiência do processo.

A autoclave a vapor, é um equipamento automatizado que realiza esterilização de materiais, e para isso os materiais quando introduzidos em sua câmara são submetidos a pressões positivas e negativas, alta temperatura envolvendo o material com vapor quente

e úmido e por fim realiza a secagem do material, tudo de forma automatizada, controlada geralmente por um Computador Lógico Programável (PLC).

A lavadora ultrassônica é o equipamento automatizado que através de um processo de lavagem com água e detergente específico, temperatura e tempo controlado e cavitação por transdutores ultrassônicos, sendo tudo monitorado e controlado por um Computador Lógico Programável (PLC) realiza a limpeza de materiais sujos de secreção, sangue. Conforme Sousa *et al.* (2017), esta cavitação mencionada pode ser explicada como: “A limpeza ultrassônica é realizada pela cavitação, que é a formação rápida de bolhas, seguida pelo seu colapso abrupto, formando cavidades no líquido de limpeza” (Revista Diálogos Interdisciplinares 2017 VOL. 6 N° 2).

Sousa *et al.* (2017) afirma que a excitação por inúmeras e minúsculas bolhas implodindo de modo veemente causa uma limpeza altamente poderosa e eficaz, tanto nas partes externas como nas ocultas no caso de materiais com formato canulado, imersas no detergente de limpeza específico.

Seguindo a Anvisa (2012), o ar pode ser o agente transportador de microrganismos. No ambiente hospitalar onde deve ser limpo, as equipes cirúrgicas e pacientes podem ser fontes de partículas. O controle de temperatura, umidade relativa, pressão, e fluxo de ar, são fatores indispensáveis na diminuição do número de microrganismos nos ambientes como: centro cirúrgico, central de material e esterilização (CME), unidade de terapia intensiva (UTI).

Conforme apresentado por Silva (2021), são muitos os tipos de sistemas de refrigeração. Mas, em hospitais, é utilizado bastante o sistema de *Chiller*. O mesmo é um equipamento de ar-condicionado com o princípio de funcionamento baseado no projeto de resfriamento de água. De forma resumida, ele resfria grandes espaços através de um sistema de abertura e fechamento de válvulas, juntamente com gerador de água fria e fluido refrigerante.

Sendo assim, temperatura e umidade controladas e supervisionadas por este sistema automatizado colaboram para extinguir a proliferação e surgimento de microrganismos. Dessa forma, o sistema automatizado também faz cumprir a norma NBR 7256/2005 que estabelece medidas preventivas de infecção que é manter os ambientes como salas e cirurgia e UTI (Unidade de Terapia Intensiva) entre 18°C e 22°C.

Para monitorar, se a pressão, por exemplo, de um leito de UTI automatizado esta conforme a ABNT NBR 7256/2005, utiliza-se um pressostato de comparação que mede a pressão entre dois ambientes e envia até painéis de IHM que ficam na entrada dos leitos. Assim toda a equipe de assistência de enfermagem e médica pode verificar o estado do ambiente sem mesmo entrar nele.

A distribuição automatizada de medicamentos também está inserida no processo de automatização dos hospitais. Essa distribuição de medicamentos tem por finalidade manter disponíveis os fármacos pedidos dentro das especificações obrigatórias como na quantidade necessária de forma segura e no prazo requerido. No mais, gere os gastos dentro do adequado e a segurança dos pacientes. Desde o final da década de 1980 quando os sistemas automatizados de distribuição de medicamentos foram introduzidos nos hospitais esse sistema vem evoluindo e cooperando com o setor de farmácia do hospital (GRISSINGER, 2012)

Embora a adoção da tecnologia tenha começado devagar, a partir de 2008 mais de 80 % dos hospitais estavam usando dispositivos de distribuição automatizados para substituir os sistemas de estocagem manuais e os carrinhos de medicação (GRISSINGER, 2012).

Segundo Simão (2016) entende-se por automatização a integração de dispositivos que façam funções associadas com a distribuição de fármacos, gerenciados automaticamente e executando registros permanentes. Trata-se de um dispositivo integrado que visa melhorar o sistema de distribuição de medicação tradicional.

Finalmente, vale destacar que a automatização gerou uma mudança no processo do medicamento. E por isso, uma gestão maior de qualidade de todo o processo tornou-se fundamental. É indispensável que o acompanhamento do sistema seja permanente, de forma a garantir que o fármaco adequado chegue ao paciente certo.

As principais vantagens da implementação de um sistema automatizado de medicamentos em um hospital, consistem em: auxiliar a gestão de funcionários e medicamentos; reduzir questões burocráticas; aumentar a confiabilidade de dados; ajudar nas estatísticas relativas a aquisição, distribuição e estoques; diminuição de erros médicos relativos a coleta, preparo e administração dos medicamentos; aumento da segurança do paciente, melhorar o atendimento por meio de informações mais rápidas e precisas; maior eficiência no controle de validades; redução de atraso na entrega de medicamentos e rastreabilidade de medicamentos (SIMÃO, 2016).

3. ENGENHARIA CLÍNICA

A Engenharia Clínica surgiu em 10 de janeiro de 1942, na cidade de St. Louis, nos Estados Unidos como curso de manutenção de equipamentos médicos, com duração de 12 semanas, oferecido pelas forças armadas. Este deu origem a uma escola de manutenção de equipamentos médicos do exército na cidade de Denver, Colorado e na ala de treinamento da força aérea na base aérea de Sheppard, Texas (GORDON, 1990 apud RAMÍREZ, 2000).

O setor de Engenharia Clínica, é fundamental dentro dos hospitais e clínicas. O papel do Engenheiro na saúde tem mudado nas últimas décadas, passando de um profissional responsável apenas pelo conserto dos equipamentos para uma figura interdisciplinar. No setor de Engenharia Clínica é possível encontrar Engenheiros eletricitas, Engenheiros mecânicos, Engenheiros de controle e automação, técnicos em Engenharia clínica, Técnicos em eletrônica dentre outros profissionais de áreas afins. E com o desenvolvimento da área surgiu a Graduação em Engenharia Biomédica que se dedica a entender e sugerir soluções para os problemas da saúde, por meio das engenharias e ciências biológicas que possam interferir positivamente na prevenção, diagnóstico, tratamento e cura de pacientes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010). Vale ressaltar ainda que:

Para o gerenciamento de tecnologias em saúde utilizadas na prestação de serviços de saúde, de modo a garantir a sua rastreabilidade, qualidade, eficácia, efetividade e segurança e, no que couber, desempenho, desde a entrada no estabelecimento de saúde até seu destino final, incluindo o planejamento dos recursos físicos, materiais e humanos, bem como, da capacitação dos profissionais envolvidos no processo destes (RESOLUÇÃO Nº 2, DE 25 DE JANEIRO DE 2010).

Conforme o Ministério da Saúde (2010), o setor de Engenharia clínica de forma resumida é responsável pela manutenção e gerenciamento do todo o parque tecnológico, elaborando planos de manutenções preventivas, calibrações, testes de segurança elétrica, treinamentos e aplicações técnicas, instalação e desenvolvimento de equipamentos e sistemas de automação.



Além disso, a engenharia clínica une tecnologia e gestão, prover tecnologias em saúde, paralelo as metas das instituições e garante uma assistência de qualidade mantendo disponível e seguro a utilização de todo parque tecnológico.

Os setores de engenharias clínicas das unidades de saúde para gerir todo o parque tecnológico inclui gestão de gastos que se dividem em três áreas de atuação: área administrativa; área técnica e central de equipamentos. Cada uma das subdivisões fundamentais para o perfeito funcionamento dos processos que visa a qualidade, menor custo, eficiência e segurança (RAMÍREZ, 2000).

No Brasil, os pontos que atrasaram a inserção da engenharia clínica foram o descontrole do custo de manutenção, a dificuldade de mão-de-obra especializada decorrente da insuficiência de profissionais competentes no ramo, sendo a engenharia clínica inserida pressionada pelo ponto financeiro, junto ao elevado custo de manutenção dos equipamentos médicos e seus acessórios. Assim, os Ministérios da Educação e da Saúde uniram-se e começaram a ofertar cursos de Engenharia Biomédica e Engenharia Clínica, no nível de pós-graduação, em algumas universidades brasileiras, tendo como objetivo a melhor qualificação técnica da área e criar os serviços de Engenharia Clínica nos hospitais (RAMÍREZ, 2000).

Para transpor a barreira ainda existente de ter um serviço de Engenharia Clínica em um estabelecimento assistencial de saúde, é necessário conscientizar das contribuições financeiras que uma gestão apropriada do parque tecnológico pode contribuir ao estabelecimento de saúde. Mesmo os estabelecimentos de saúde que contém uma equipe de Engenharia Clínica limitam-se apenas as questões técnicas, envolvendo-se pouco com questões financeiras, elaboração de indicadores de máquina parada e distribuição de custos de manutenção por setor (RAMÍREZ, 2000).

Confome o DATASUS CNES (2016) dentre os mais de 6.000 (seis mil) hospitais brasileiros, é possível encontrar serviços de engenharia clínica em alguns hospitais universitários e em hospitais que buscam e presam por creditações como: Ona e Qmentum. Gerir equipamentos médicos onde o local é de intensa regulação, da qualidade dos serviços médicos prestados, quanto ampliação dos direitos dos usuários e de constantes progressos na atualização de novas tecnologias confere a engenharia clínica a função importante no desempenho de um estabelecimento de saúde. Assim, a participação de um Engenheiro Clínico e de profissionais de nível técnico no estabelecimento de saúde tornou-se indispensável para acompanhar mais próximo a qualidade da manutenção, os custos do processo e a agilidade para disponibilizar o equipamento.

3.1 O Engenheiro Clínico ou Biomédico

O Engenheiro Biomédico ou Engenheiro pós-graduado como Engenheiro Clínico com especialidade clínica é responsável, pelas atribuições onde a engenharia está envolvida baseado no aspecto clínico. Dentro das instituições de saúde, toda a responsabilidade das tecnologias de saúde e tudo a que ela se refere conforme a *American College of Clinical Engineers - ACCE* é destinada ao Engenheiro Clínico.

Bronzino e Peterson (79, pág. XII) e Dyro (81, pág. 3) definem o engenheiro biomédico como o que pratica princípios de engenharias como: elétrica, mecânica, química e ótica, para entender, transformar, ou controlar sistemas biológicos, humano ou de animais; e para desenvolver e fabricar produtos para monitoração de funções fisiológicas e auxílio no diagnóstico e tratamento de pacientes. Através da engenharia, e com os profissionais de

saúde, compreende, monitora, viabiliza, sustenta a vida humana e animal; revela, reabilita, trata e cura.

Apresentando o vasto campo destes profissionais, Bronzino e Peterson (79, p. XII, tradução do autor) apresentam:

Aplicação de análise de sistemas de engenharia (modelagem fisiológica, simulação e controle) a problemas biológicos; - Detecção, medição e monitoração de sinais fisiológicos – sensores biológicos e instrumentação biomédica; - Interpretação diagnóstica de dados bioelétricos por meio da aplicação de técnicas de processamento de sinais; - Procedimentos e equipamentos terapêuticos e de reabilitação (engenharia de reabilitação); - Dispositivos para substituição e aumento de funções corpóreas (órgãos artificiais); - Análise computacional de dados relacionados ao paciente e tomada de decisões clínicas (informática médica e inteligência artificial); - Imagens médicas – visualização gráfica de detalhes anatômicos ou funções fisiológicas; - Criação de novos produtos biológicos (biotecnologia e engenharia de tecidos); - O desenvolvimento de novos materiais para serem utilizados dentro do corpo (biomateriais).

Sua área de atuação é vasta, tornando quase impossível que um único Engenheiro consiga dominar o amplo e vasto conhecimento do ramo. Os engenheiros necessitam escolher e especializar-se na área onde tenham maior afinidade.

De acordo com Bronzino e Peterson (1979), e Dyro (1981), quando engenheiros biomédicos atuam em hospitais ou clínicas, os mesmos são chamados apropriadamente de engenheiros clínicos. E definem o engenheiro clínico como engenheiro biomédico graduado e habilitado, que está envolvido na aplicação de conhecimentos científicos e tecnológicos na área da saúde dando assistência as atividades clínicas. Têm por definição, ambiente clínico como a parte do sistema de saúde onde é realizado cuidados a pacientes e como atividades clínicas, tanto cuidado direto dos necessitados como a pesquisa, o ensino e atividades da administração a aprimorar o cuidado dos pacientes.

De acordo com Dyro (1981), o engenheiro clínico, além definir inspeções, manutenções e reparos em equipamentos médicos, são convocados a cuidar de assuntos de controle de custos, otimização na utilização de recursos, investigação de erros e falhas, atendimento ao controle de segurança dos pacientes e gestão do ambiente tecnológico crescente.

O engenheiro clínico une conhecimentos de tecnologia e gestão para levar equipamentos mais seguros aos hospitais. Além disso, deve estar sempre atualizado sobre novos equipamentos médicos e tecnologias e utiliza gestão para adaptar as soluções aos problemas que surgem na parte clínica, pronto-socorro, diagnóstico com segurança, comodidade e eficácia.

O avanço da medicina e a engenharia clínica estão ligados de forma permanente. Desde a seleção de tecnologias e equipamentos, até a prática de técnicas junto a tecnologias e mesmo o gerenciamento hospitalar necessita de sistemas ligados ao engenheiro clínico.

Os crescentes desenvolvimentos de tecnologias da medicina têm tornado indispensável para o diagnóstico mais preciso no tratamento de doenças das mais comuns às mais raras. Desse modo, é necessário existir profissionais especializados que entendam como esses equipamentos médicos e tecnologias podem ser melhor aplicados, além de definir processos para melhorar a gestão e a logística dos hospitais, clínicas e unidades de pronto-socorro.

O engenheiro biomédico atua também nos processos de gestão das unidades de saúde e faz também a gestão de custos e recursos, tecnologias de sua área. Por isso, ele interfere positivamente no futuro da medicina em seus aspectos mais profundos, pois ele também permite que soluções cada vez mais inovadoras e tecnológicas venham a ser aplicadas aos problemas enfrentados diariamente pela medicina. As pesquisas de ambas as áreas se convergem, tendo como resultado final soluções para diferentes questionamentos e problemas na área hospitalar.

4. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO NO HOSPITAL

Os impactos que a automação junto a engenharia causa nos hospitais são crescentes e revolucionárias, tanto para a gestão do hospital quanto para o tratamento de pacientes. São vastas as formas para facilitar fluxos, procedimentos e minimizar erros humanos com auxílio da automação e engenharia clínica. Sistemas que usam a inteligência artificial para fazer aplicação prática da engenharia clínica em processos hospitalares conseguem modificar positivamente o seu processo quando utilizada de forma correta.

A RDC 63 de 2011, que dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de saúde (21), estabelece:

Art. 2º Este Regulamento Técnico possui o objetivo de estabelecer requisitos de Boas Práticas para funcionamento de serviços de saúde, fundamentados na qualificação, na humanização da atenção e gestão, e na redução e controle de riscos aos usuários e meio ambiente. Art. 3º Este Regulamento Técnico se aplica a todos os serviços de saúde no país, sejam eles públicos, privados, filantrópicos, civis ou militares, incluindo aqueles que exercem ações de ensino e pesquisa. Art. 54 – O serviço de saúde deve realizar o gerenciamento de suas tecnologias de forma a atender as necessidades do serviço mantendo as condições de seleção, aquisição, armazenamento, instalação, funcionamento, distribuição, descarte e rastreabilidade.

Para perceber, analisar, avaliar, monitorar e controlar riscos e eventos adversos onde estão envolvidos equipamentos médicos é preciso realizar vistorias, inspeções, avaliações, monitoramentos nos equipamentos e setores, sendo assim sistemas automatizados um grande aliado ao processo dos principais benefícios que se percebe em um hospital que tem engenharia clínica e automação ao seu favor.

Oliveira (2012, p.13) atesta que mais que uma ferramenta poderosa para gerenciamento das tecnologias e tomada de decisão em ambientes de saúde, essa integração permite diversos atos que impactam na forma de assistência médica e afirma ainda que:

Um sistema de integração hospitalar como o descrito permitirá que o médico, dispondo em sua residência de equipamento adequado possa ter acesso direto às informações relativas ao seu paciente, incluindo os sinais vitais registrados pela enfermagem, permitindo-lhe, entre outras coisas, alterar a conduta prescrita anteriormente. O PEP não só trouxe a evolução tecnológica para dentro das organizações hospitalares como também trouxe inovações aos modelos administrativos de gestão, que agora se baseiam na informação (OLIVEIRA, 2012, p.13).

Para permitir adoção de sistemas como, por exemplo, prontuário eletrônico em um

estabelecimento de saúde no Brasil, o CRM por intermédio das Resoluções 638/2002 e 1639/2002 aprovaram em julho de 2002 a utilização do prontuário eletrônico, respeitando a Resolução 1.821/2007 que permite o estabelecimento utilizar sistema informatizado ou quando os prontuários forem digitalizados a eliminação do suporte de papel. Além do avanço e segurança física dos documentos é possível destacar a vantagem ambiental e redução de custos com o não uso do papel. Contudo, para que seja assim, devem reproduzir todas as informações dos documentos originais.

Outro aspecto importante a se destacar dos sistemas hospitalares é a sua usabilidade, sendo este intuitivo e fácil de usar. Os grupos de equipes médicas utilizam vários dispositivos que são encontrados em várias áreas da unidade de saúde, ou seja, o local das atividades médicas é dinâmico em função das demandas. Porém os sistemas com um tempo de inatividade, devido aos critérios de segurança, exigem para cada estação uma nova autenticação, fator esse que pode acabar dificultando o uso do sistema e criando rejeição da tecnologia (BARDAM, 2005).

Para o ramo de redes na automação hospitalar, existem pesquisas que sugerem arquiteturas para prestar assistência de controle dos processos biomédicos. Várady *et al.* (2002) apresenta a utilização do padrão Fieldbus como tecnologia de rede para fazer a supervisão de sinais vitais dos pacientes em tempo real.

Nesta forma, as pesquisas abordam as tradicionais redes de campo usadas no ramo da automação industrial. Um ponto positivo em utilizar o Fieldbus é a robustez na certeza do cumprimento das metas temporais impostas pelas aplicações (PEDREIRA *et al.*, 2005)

Para Thomesse (1999) e Thomesse (2005), esse tipo de pesquisa é importante para o objeto de estudo deste trabalho de conclusão de curso, pois efetivamente caracteriza e justifica a necessidade das redes de controle na automação hospitalar.

Contudo, o sistema Fieldbus por terem suas taxas de transmissão de 1 a 5 Mbps caracterizam-se como redes de baixa largura de banda em relação às demandas geradas pelas atuais aplicações nos processos de automação e transporte de dados (DECOTIGNIE, 2001; DECOTIGNIE, 2005; SONG, 2001).

Adentrando a esse contexto, ao ramo hospitalar passou também a integrar conceitos utilizados na automação, Brooks e Brooks (1998), onde pretende garantir o aperfeiçoamento na execução de atividades referentes a procedimentos médicos. Um grande e importante exemplo desta tendência é o desenvolvimento de pesquisas voltadas ao monitoramento de pacientes em tempo real, as quais através do recebimento de dados realizam operações de controle aplicadas ao monitoramento dos sinais vitais.

Podemos definir os sinais vitais com resultados de funções fisiológicas que representam de forma instantânea as condições de vida do paciente. O monitor de sinais vitais ou multiparamétrico, supervisiona de forma contínua o ECG, a frequência cardíaca, a pressão arterial não invasiva (pressões arteriais sistólica, diastólica e média), saturação periférica de oxigênio (oximetria SpO₂) e a frequência respiratória em os setores hospitalares e instalações do tipo hospitalar. Pode ser usado durante o transporte entre hospitais ou para sala de exames e em ambientes móveis e terrestres, como ambulâncias. Sendo muito usado em centros cirúrgicos e UTI (AQUINO, 2020).

Além da versatilidade apresentam gráficos, alarmes sonoros e visuais. Programado para alarmar sempre que houver, variações da frequência cardíaca, picos ou quedas pressão arterial e queda da saturação de oxigênio no sangue. Muito usado em ambientes hospitalares para monitoração dos sinais vitais de pacientes adultos, pediátricos e neonatos (AQUINO, 2020).

Em uma perspectiva mais ampla, a automação hospitalar poder ser observada sobre duas perspectivas: rede de controle e rede de informação. Na primeira encontram-se os sistemas utilizados no monitoramento de pacientes e na segunda encontram-se os sistemas de informação utilizados na área hospitalar.

Não sendo igual da automação industrial, onde as redes de sistemas e de controle são integradas através da utilização de tecnologias distintas para cada tipo de rede, a automação hospitalar tende a utilizar a tecnologia Ethernet, sendo este padrão é facilmente encontrado em qualquer arquitetura (SHIN *et al.*, 2000). Essa característica é bastante positiva, ela facilita a integração diminuindo os casos de queda do sistema entre os ativos de rede. Esses aspectos são alcançados pois compreendem baixo custo e ao alto espectro de penetração das redes Ethernet no mercado (BRITO *et al.* 2004).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo da importância da automação dentro de um estabelecimento de saúde e suas várias formas de aplicação foi possível demonstrar desde o surgimento do elo entre saúde e automação sua existência e significância para o avanço da medicina em diagnosticar problemas de saúde, tratar problemas de saúde e gerenciar processos com segurança dentro de um estabelecimento de saúde.

Diante das tecnologias que foram desenvolvidas da época que iniciou o uso de um computador atrelado ao tratamento de pacientes até a atual e permanente evolução onde setores fazem uso da automação para gerir e organizar seus processos junto ao cuidado de pacientes através de máquinas e sistemas.

Foi abordado também o setor e o profissional pouco conhecido no senso comum e da engenharia, dando ênfase na fundamental e importante atuação da Engenharia Clínica e do Engenheiro Clínico ou Engenheiro Biomédico, demonstrando como surgiram, as dificuldades enfrentadas, as funções desempenhadas que colaboram diretamente com a medicina.

Apesar da variedade de modos e aplicações dos sistemas de automação desde seu primeiro uso, foi demonstrado o seu grande sucesso e melhora dos processos hospitalares visando também a segurança de dados e informações que servem para apoio em várias áreas e que essas tecnologias podem aperfeiçoar seus resultados e aprimorar suas condutas para prevenir erros, supervisionar áreas, pacientes e processos.

Referências

ABNT. NBR 7256. **Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS) - Requisitos para projeto e execução das instalações**, [S. l.], ano 2005, n. ABNT NBR 7256:2005, 29 abr. 2005. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-7.256-Tratamento-de-Ar-na-Sa%C3%BAde.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2022.

AFONSO, M. S. M.; SOUZA, A. C. S. e; TIPPLE, A. F. V.; MACHADO, E. A.; LUCAS, E. A. CONDICIONAMENTO DE AR EM SALAS DE OPERAÇÃO E CONTROLE DE INFECÇÃO – UMA REVISÃO. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, Goiânia, Goiás, Brasil, v. 8, n. 1, 2006. DOI: 10.5216/ree.v8i1.933. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/fen/article/view/933>. Acesso em: 25 abr. 2022.

ANVISA. Ministério da saúde . RESOLUÇÃO - RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012. **RESOLUÇÃO - RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012**: Dispõe sobre requisitos de boas práticas para o processamento de produtos para saúde e dá outras providências., [S. l.], 15 mar. 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015_15_03_2012.html. Acesso em: 8 abr. 2022.

AQUINO, ALINE. O que é o monitor multiparâmetro de sinais vitais. *In: Quais sinais vitais são lidos pelo monitor multiparamétrico*. [S. l.], 10 mar. 2020. Disponível em: <https://cmosdrake.com.br/blog/monitor-multiparametro-de-sinais-vitais/>. Acesso em: 30 set. 2022.

BARDRAM, Jakob E., 'The trouble with login on usability and computer security', *Proceedings on Ubiquit Computing* 2005.

BARROSO, WILLER. **PRONTUÁRIO ELETRÔNICO**: Panorama de implantação, utilização e manuseio profissional nos hospitais e clínicas em Goiânia, Goiás.. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Biblioteconomia da Faculdade de Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Goiás, [S. l.], 2014. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/10810/1/TCC%20-%20Biblioteconomia%20-%20Willer%20Mauro%20Barroso>. Acesso em: 15 abr. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC 63 - Dispõe sobre os **Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Saúde**. 2011. Disponível em: . Citado nas pp. 46, 75.

BRITO, A. E. M., Brasileiro, F. V., Leite C. E., Buriti, A. C. **Comunicação Ethernet em Tempo-Real para uma Rede de Microcontroladores**, *Anais do XV Congresso Brasileiro de Automática (CBA 2004)* – Brasil, setembro 2004.

BRONZINO, Joseph D.; PETERSON, Donald R. **The Biomedical Engineering Handbook** - Medical Devices and Human Engineering. 4th. Edition. Boca Raton, Florida: Taylor e Francis Group, LLC - CRC Press, 2015. ISBN 978-1-4398-2526-6. Citado nas pp. 31, 32, 38–41, 67, 68, 145, 149, 156.

DECOTIGNIE, J-D. **"A perspective on Ethernet as a fieldbus,"** in *Proc. FeT'2001—4th Int. Conf. on Fieldbus Systems and Their Applications*, Nancy, France, Nov. 2001, pp.138–143.

DECOTIGNIE, J-D. **"Ethernet-based real-timer and industrial communications"**. *Proc. IEEE (Special issue on communications systems)*, v. 93, n. 6, p. 1102 – 1117. Jun.2005.

DYRO, J.F. **Clinical Engineering Handbook. San Diego**, California: Elsevier Academic Press, 2004. (Academic Press series in biomedical engineering). ISBN 0-12-226570-X. Citado nas pp. 31, 38, 39, 41, 67, 68, 145.

DATASUS. Ministério da Saúde. Cadastro Nacional dos Estabelecimentos de Saúde do Brasil–CNES. Disponível em: Acesso em: 12 de maio de 2016.

FILHO, Jose *et al.* **A Tecnologia da Informação na Área Hospitalar**: um Caso de Implementação de um Sistema de Registro de Pacientes de Implementação de um Sistema de Registro de Pacientes. [S. l.], 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rac/a/43fLxr3d8HC3LTmmDPY5nwF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 abr. 2022.

GORDON, G. J. Hospital technology management: the tao of clinical engineering. *Journal of Clinical Engineering*, v.15, n.2, p.111 – 117, 1990.

GRISSINGER, Matthew. Safeguards for using and designing automated dispensing cabinets. **Pharmacy and Therapeutics**, V. 37, set. 2012.

MINISTÉRIO DA SAÚDE . RESOLUÇÃO Nº 2, DE 25 DE JANEIRO DE 2010. https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0002_25_01_2010.html: Dispõe sobre o gerenciamento de tecnologias em saúde em estabelecimentos de saúde., [S. l.], 25 jan. 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0002_25_01_2010.html. Acesso em: 21 abr. 2022.

PEDREIRAS, P., ALMEIDA, L., GAI, P. AND GIORGIO, B. "FTT-Ethernet: A Flexible Real-Time communication Protocol That Supports Dynamic QoS Management on Ethernet-Based Systems". **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, Vol. 1, Nº. 3, August 2005.

RAMIREZ, E. F. F.; CALIL, S. J. Engenharia clínica: Parte I – Origens (1941-1996). *Semina: Ci. Exatas/ Tecnol. Londrina*, v. 21, n. 4, p. 27-33, dez. 2000.

SILVA, ÉRICA. **PROPOSTA DE CONTROLE E MONITORAMENTO DE PONTOS CRITICOS EM HOSPITAIS**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Católica de Goiás., [S. l.], 2021. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2915/1/TCC_Automac%CC%7a%CC%83o_%20Hospitalar_R09.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

SIMÃO, Ema. Distribuição em ambiente hospitalar - da distribuição clássica aos novos sistemas de distribuição mecânicos. Dissertação de Mestrado em Ciências Farmacêuticas, **Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz**, Caparica, 2016.

SOUSA, Bruno; VALINHOS, Lucas; LIMA, Matheus; MIGLIANO, Antonio. TECNOLOGIA ULTRASSÔNICA PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS. **TECNOLOGIA ULTRASSÔNICA PARA REMOÇÃO DE IMPUREZAS**, [s. l.], ano 2017, v. 6, n. 2, 14/12/2017. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/337/448>.

Acesso em: 6 abr. 2022.

TERRA, Thiago; GUARIENTI, Adriane; SIMÃO, Eder; JUNIOR, Luiz. UMA REVISÃO DOS AVANÇOS DA ENGENHARIA CLÍNICA NO BRASIL. **UMA REVISÃO DOS AVANÇOS DA ENGENHARIA CLÍNICA NO BRASIL**, [s. l.], ano 2005, v. 1, n. ABNT NBR 7256:2005, 8 out. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Carlos%20Manoel/Downloads/1340-3990-1-SM.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.

THOMESSE, J.-P. “Fieldbus and Interoperability” **Contr. Eng. Pract.**, vol. 7, no. 1, pp.81–94, 1999.

THOMESSE, J.-P. “Fieldbus Technology in Industrial Automation”. **Proceedings of The IEEE**, Vol. 93, N° 6, June 2005.

VÁRADY, P., BENYO, Z. AND BENYO, B. An open architecture patient monitoring system using standard technologies. **IEEE Transactions on Information Technologies in Biomedicine**, Vol. 6, No. 1, pp.95–98, 2002.

8

COMPARAÇÃO DAS DIFERENTES APLICAÇÕES DE MICROCONTROLADORES

COMPARISON OF DIFFERENT APPLICATIONS OF MICROCONTROLLERS

Fernanda Leite Saraiva

Jorge Luís Carvalho Maciel

Juan Carlos Pereira Silva

Júlio Adriano da Silva Ferreira

Tayssara Elizavieta Martins Varão

Resumo

Em termos gerais, os microcontroladores podem ser definidos como processadores que foram encapsulados com memória, interface de entrada/saída de dados e dispositivos periféricos. Desta forma, conhecendo suas características e aplicações, qual microcontrolador é mais adequado para as tarefas? Os microcontroladores são usados em uma ampla gama de dispositivos elétricos, devido ao seu grande valor e vasta utilização do microcontrolador, a aplicação direta destes microcontroladores varia de acordo com seu objetivo, como supracitado, estes controladores estão presentes nas mais variadas formas de automação, especificando-se de acordo com sua criação e destinação. Desta maneira, estes microcontroladores executam com excelência sua função de facilitar a automação de alguns dispositivos elétricos, estimulando desta maneira a sua disseminação entre a sociedade.

Palavras-chave: Microcontrolador. Aplicação. Controladores. Utilização. Praticidade.

Abstract

In general terms, microcontrollers can be defined as processors that have been encapsulated with memory, data input/output interface and peripheral devices. Thus, knowing its characteristics and applications, which microcontroller is more suitable for the tasks? Microcontrollers are used in a wide range of electrical devices, due to their great value and wide use of the microcontroller, the direct application of these microcontrollers varies according to their objective, as mentioned above, these controllers are present in the most varied forms of automation, specifying according to its creation and destination. In this way, these microcontrollers perform with excellence their function of facilitating the automation of some electrical devices, thus stimulating their dissemination among society.

Keywords: Microcontroller. Application. controllers. Use. Practicality.

1. INTRODUÇÃO

Os controladores digitais são atualmente o método mais popular de controlar a maioria dos processos e sistemas. Os microcontroladores não são conectados diretamente a máquinas em aplicações industriais, mas são integrados a CLPs de inversores de frequência e outros sistemas de controle.

Os microcontroladores são usados em uma ampla gama de dispositivos elétricos. Devido ao grande valor e vasta utilização do microcontrolador, o estudo relacionado ao tema está se tornando cada vez mais significativo, promovendo assim uma disseminação de suas aplicações práticas aos diferentes setores, tanto industrial como cotidianos.

Definidos como sendo um conjunto de processadores encapsulados em memória, interface de entrada/saída de dados e dispositivos periféricos, os microcontroladores oferecem uma extensa gama de utilidades. De tal forma, este trabalho se baseará na questão problema: Conhecendo suas características e aplicações, qual microcontrolador é mais adequado para as tarefas?

O objetivo do presente estudo é promover a identificação e descrição dos microcontroladores mais utilizados, bem como suas capacidades, limites e custos de aquisição para aplicações práticas, o atual estudo se especifica em investigar as características dos variados tipos de microcontroladores, apresentar comparações entre custos e benefícios em diferentes aplicações e evidenciar a demonstração de qual dispositivo se faz mais adequado para as tarefas pretendidas.

O atual trabalho trata-se de uma Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva, onde serão utilizados artigos científicos e dissertações publicadas no período de 1998 a 2022 nas áreas de Engenharia de Automação e Controle e áreas complementares. Serão utilizados os bancos de dados Google Acadêmico, Repositório Digital, Biblioteca Digital e Scielo para composição de base teórica para o presente trabalho.

2. MICROCONTROLADORES: DEFINIÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Em termos gerais, os microcontroladores podem ser definidos como processadores que foram encapsulados com memória, interface de entrada/saída de dados e dispositivos periféricos. Entre os periféricos estão conversores A/D (analogico/digital), temporizadores/contadores, interface para comunicação serial, *watchdog* programável etc. Desta forma, podemos especificá-los como sendo computadores encapsulados em um único invólucro. Sua disseminação tornou-se mais comum em diversos ramos da indústria a partir do final da década de 70 e atualmente existe um número crescente de opções disponíveis no mercado, número que só tende a crescer com a promoção de projetos em volta destes processos micro controláveis. (BONNETTI, 1999).

O uso microcontroladores em aplicações do dia a dia e na indústria permitiu a implementação de sistemas automatizados dedicados e de fácil implementação, devido a todo o sistema computacional estar em uma única pastilha de circuito integrado (chip) baseados em lógica digital e na discretização de sistemas analógicos. Diversas aplicações tratam desde sistemas relacionados à medicina e agroindústria até os relacionados com os sistemas residenciais e os sistemas embarcados em veículos (HAMRITA et al., 2005).

Na mesma proporção de aumento dos sistemas computacionais baseados em micro-

controladores a prática pedagógica do ensino dessa disciplina, em cursos de graduação, tem evoluído, passando desde os métodos convencionais de ensino sobre aplicações e funcionalidades básicas do sistema, às práticas orientadas ao projeto baseados em aplicações do mundo real (MEEK et al., 2003) e até a proliferação de novas ferramentas educacionais, tais como kits robóticos e softwares de simulação.

Existem várias formas de aplicação da teoria de microcontroladores ou de microcontroladores ao ensino, tanto de graduação nos cursos de 3º grau como ensino básico e médio. Alguns autores retratam o uso de sistemas microcontrolados para o apoio a disciplinas no sentido de facilitarem seu aprendizado, outros no sentido de estimularem novos conhecimentos, outros ainda destacam sistemas automatizados de baixo custo para o ensino de crianças (MEEK et al., 2003).

O microcontrolador possui três temporizadores, sendo dois de 8 bits e um de 16 bits. O mais simples deles é o *timer/counter 0*. Ele não possui módulo comparador, o que não possibilita que seja utilizado um evento externo para modificar o estado do contador. Um exemplo da aplicação deste módulo é a geração de sinais PWM (*Pulse Width Modulation*), muito utilizado para o controle de velocidade de motores DC. Essa operação pode, entretanto, ser efetuada por *software*, acarretando maior custo computacional. (MONTAÑEZ, 2005).

Em Arefin, et al. (2007) os autores propõem um sistema baseado em um microcontrolador AT89C55WD compatível com os padrões do conjunto de instruções do 80C51 e 80C52 com uma matriz de teclas 4x4, uma matriz de leds 4x4 e um módulo LCD (do Inglês *Liquid Cristal Display*), com a intenção de ser um dispositivo de ensino de várias experiências de laboratório para crianças. Em seu trabalho ele propõe 4 práticas, uma de aprendizado de caracteres alfanuméricos, uma de aprendizado das cores, utilizando a matriz de leds colorida, uma de aprendizado de matemática (calculadora) e uma como um console de videogame.

Para Mcroberts (2010), Arduino é um sistema embarcado, ou seja, que pode interagir com seu ambiente por *hardware* e *software* incorporados a um dispositivo com um objetivo pré-definido. Trata-se de um projeto de código livre que pode ser “clonado” tanto em *software* (que utiliza linguagem de programação em C/C++) quanto em *hardware*. O Arduino, assim como um CLP (controlador lógico programável), controla sistemas industriais.

A plataforma tem como principal finalidade facilitar, a nível doméstico, comercial ou móvel, a automação e controle nestes ambientes. O Arduino também pode ter suas aplicações estendidas utilizando placas que contêm outros dispositivos, as quais são facilmente conectadas a ele. Estas placas são chamadas de módulos ou *Shields* (escudos, em inglês). Tais placas podem funcionar como receptores GPS, módulos de rede ethernet ou wireless, dentre outros, (MCROBERTS, 2010).

Os circuitos, layout e componentes da placa são projetados de modo que facilite o acesso de dispositivos externos aos terminais deste microcontrolador permitindo seu uso. O Microcontrolador é fixado na placa através de um soquete DIL (*dual in-line*), facilitando sua remoção e substituição. Monk (2010) considera este microcontrolador o coração do Arduino por controlar todo o funcionamento e uso do dispositivo. É possível programá-lo de modo a determinar todas as tensões de entrada, saída, e a lógica dos sinais gerados em cada um de seus terminais, oportunizando o uso para quaisquer fins aos quais é direcionado. James (1998).

O ESP8266, de acordo com Atmel (2012), é um microcontrolador produzido pela empresa Espressif Systems. Esse microcontrolador possui um sistema de comunicação WiFi próprio, que é o seu grande diferencial, por esse motivo ele é largamente utilizado como módulo WiFi para outros microcontroladores, como o Arduino, por exemplo, apesar de

possuir um processador próprio, como visto nos trabalhos e de ser possível utilizar somente o ESP8266 para criar sistemas embarcados.

O ESP8266 permite que se rode programas carregados em sua própria memória. Com isso o ESP8266 pode funcionar de forma embarcada, sem precisar estar ligado a outro dispositivo fisicamente, podendo fazer a comunicação somente via WiFi ou via sensores e saídas pelos pinos. Para carregar um programa ao ESP8266 ele deve ser compilado para linguagem de máquina, por isso é necessário um compilador (OLIVEIRA, 2013).

De acordo com Weiss et al. (2011), como medida de segurança, existe para cada interrupção um vetor de registradores único. Essa configuração impede a execução de uma nova instância da mesma interrupção quando outra estiver sendo executada.

Um outro fato importante é a existência de prioridades na execução das interrupções, ou seja, caso a prioridade de uma interrupção seja maior que a de outra, o seu endereço é colocado no vetor geral de interrupção como prioritária e conseqüentemente será processada primeiro em caso de os eventos ocorrerem simultaneamente (SANCHO, 2008).

Para cada fonte de interrupção, segundo Sancho (2008), existe um bit responsável por sua habilitação. Este bit fica em algum dos registros do periférico associado à interrupção. Mas também existe o bit I do registro SREG (registro de estado do microcontrolador) que, quando estado em 1, habilita a ocorrência de qualquer interrupção que tenha sido habilitada em seu periférico responsável. Se este bit for colocado em 0, então nenhuma solicitação de interrupção será atendida, mesmo se a interrupção for habilitada em seu periférico. Se ocorrer uma solicitação de interrupção habilitada com o bit I em 0, então o atendimento somente ocorrerá quando o bit I for colocado em 1.

No microcontrolador é implementada na forma digital a estratégia de controle proporcional, integral e derivativo (PID), mas com a possibilidade de alteração do módulo de controle por qualquer outro tipo de controlador. A ideia é substituir ferramentas comerciais, relativamente de alto custo para serem implantadas em cursos de graduação. Dessa forma, além de trazer os benefícios ao ensino da teoria de controle através de aplicações práticas com um custo muito reduzido, permite o total acesso a qualquer parte do sistema, inclusive pelos discentes que podem além da teoria de controle desenvolver habilidades à discretização destes (CHOI, 2008).

3. APLICAÇÃO DE MICROCONTROLADORES

Microcontroladores são usados em produtos e dispositivos automatizados, como os sistemas de controle de automóvel, dispositivos médicos implantáveis, controles remotos, máquinas de escritório, eletrodomésticos, ferramentas elétricas, brinquedos e outros sistemas embarcados (JAMES, 1998).

Ao reduzir o tamanho e o custo em comparação a um projeto que usa um dispositivo microprocessado, microcontroladores tornam-se econômicos para controlar digitalmente dispositivos e processos. Microcontroladores de sinal misto são comuns, integrando componentes analógicos necessários para controlar sistemas eletrônicos não digitais (JAMES, 1998).

O seu consumo de energia é relativamente baixo, normalmente, na casa dos miliwatts e possui habilidade para entrar em modo de espera (*Sleep* ou *Wait*) aguardando por uma interrupção ou evento externo, como, por exemplo, o acionamento de uma tecla, ou um sinal que chega via uma interface de dados (CHOI, 2008).

O consumo destes microcontroladores em modo de espera pode chegar na casa dos

nanowatts, tornando-os ideais para aplicações onde a exigência de baixo consumo de energia é um fator decisivo para o sucesso do projeto (CHOI, 2008).

De forma diferente da programação para microprocessadores, que em geral contam com um sistema operacional e um BIOS, o programador ou projetista que desenvolve sistemas com microcontroladores, geralmente, cria todo programa que será executado pelo sistema ou pode usar um sistema operacional próprio para microcontroladores chamado de RTOS (CHOI, 2008).

Microcontroladores são geralmente utilizados em automação e controle de produtos e periféricos, como sistemas de controle de motores automotivos, controles remotos, máquinas de escritório e residenciais, brinquedos, sistemas de supervisão etc. (CHOI, 2008).

Cerca de 50% dos microcontroladores (IBRAHIM, 2002) vendidos são controladores de uso simples, outros 20% são processadores de sinais digitais (DSPs) mais especializados. Os microcontroladores podem ser encontrados em praticamente todos os dispositivos eletrônicos digitais que nos cercam: teclado do computador, dentro do monitor, disco rígido, relógio de pulso, rádio relógio, máquinas de lavar, forno de micro-ondas, telefone etc. (IBRAHIM, 2002).

Desta maneira, Bonnetti (2019), em seus estudos disserta sobre a evolução de equipamentos que há anos não evoluíam, como os motores a combustão, agora passam por um processo de evolução com o novo controle eletrônico que pode funcionar como um sistema de biocombustível e poluindo menos, desta mesma forma, pode-se citar as câmeras fotográficas, que migraram de processos mecânico a circuitos com microcontroladores, sensores digitais e memória acoplados.

Os microcontroladores são programados geralmente por computadores ou discos de memória. Seja em uma residência, seja em uma indústria, os microcontroladores podem automatizar diversos processos que envolvam circuitos eletrônicos. Como a eletrônica está presente em praticamente tudo que envolve tecnologia, fica evidente que as aplicações são, da mesma maneira, praticamente infinitas (BONNETTI, 2019).

Uma primeira noção, bastante comum no meio social, é a automação residencial. Em um nível industrial mais pesado, os microcontroladores podem não ser suficientes, fazendo com que o uso CLPs (controladores Lógicos Programáveis) sejam necessários (BONNETTI, 2019).

Entretanto, mesmo o Arduino, ESP e Raspberry Pi tenham uma aplicação extremamente ampla, não podem ser usados em todos os processos. Por serem menores e relativamente baratos, é preferível o uso de microcontroladores para projetos de menor porte, já que nem todas as suas funcionalidades serão utilizadas (SANTOS, 2019).

Outro microcontrolador, como cita Arefin et al. (2007), de destaque trata-se dos inversores de frequência: O inversor de frequência pode ser usado para o controle de vazão em processos de bombeamento, substituindo os controles tradicionais de forma muito mais eficiente, tais como válvula de controle, by-pass e sistema *on-off*. Esses processos, largamente utilizados em indústrias, possuem potencial de redução de energia elétrica na ordem de até 30% teoricamente.

O avanço da eletrônica de potência nos últimos anos resultou no surgimento de novos equipamentos e de novas topologias, destinados a modernizar as técnicas convencionais de acionamentos elétricos para motores de indução. O soft-starter, por exemplo, vem como equipamento de substituição aos métodos tradicionais de partida (chave estrela-triângulo e compensadora) com muitas vantagens (AREFIN et al., 2007).

A tecnologia dos inversores, de acordo com Santos (2019), evoluiu proporcionando características de controle de velocidade e de torque em um motor de indução. O primeiro instante dessa evolução foram os conversores de frequência com controle escalar (controle da relação tensão/frequência – V/f) e chaveamento PWM (modulação por largura de pulso), e posteriormente, visando melhorar o desempenho dos conversores de frequência foi desenvolvido o modelo de controle vetorial que controlam a tensão e a frequência independentemente uma da outra.

O motor elétrico atende satisfatoriamente bem as exigências das aplicações à velocidade constante. Entretanto, muitas vezes é necessária a variação da velocidade dos motores, como por exemplo, na utilização de um ventilador de velocidades variadas (SANTOS, 2019).

Os inversores ajustam seus parâmetros de modo a manter o rendimento de um motor na condição nominal de carga ou próximo dela, portanto, o inversor adaptasse conforme as solicitações da carga acionada pelo motor. A economia proporcionada pelo inversor de frequência é dada em função da redução da potência de entrada, do número de horas de funcionamento e do preço da energia elétrica (SANTOS, 2019).

Existem várias outras formas de aplicação da teoria de microcontroladores ou de microcontroladores ao ensino, tanto de graduação nos cursos de 3º grau como ensino básico e médio. Alguns autores retratam o uso de sistemas microcontrolados para o apoio a disciplinas no sentido de facilitarem seu aprendizado, com o uso deles em protótipos que estimulem a leitura e a integração com o ambiente escolar, outros no sentido de estimularem novos conhecimentos, outros ainda destacam sistemas automatizados de baixo custo para o ensino de crianças (MEEK et al., 2003).

Por reduzir o tamanho, custo e consumo de energia, e se comparados à forma de utilização de microprocessadores convencionais, aliados a facilidade de desenho de aplicações, juntamente com o seu baixo custo, os microcontroladores são uma alternativa eficiente para controlar muitos processos e aplicações.

4. ARDUÍNO E ESPRESSIF SYTEMS

Santos (2019) traz em sua tese a definição de microcontroladores como equipamentos programáveis de pequeno porte e de baixo custo que possui uma unidade de processamento, memória, entrada e saída e que tem como função realizar ações de controle de forma remota.

Existem diversos modelos de microcontroladores que apresentam essas características como padrão, podendo variar entre si na pinagem (quantidade de entradas e saídas) e na capacidade de seus processadores, podendo haver microcontroladores de ambientes mutliprogramados, ou seja, que aceitam mais de uma série de instruções ao mesmo tempo (SANTOS, 2019).

3.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em *hardware* e *software* livre. Desenvolvido na Itália, no Instituto de Design e Interação Ivera, a plataforma conquistou adeptos rapidamente, tendo que se adaptar as novas necessidades e desafios que surgiram ao longo do tempo. Deste modo a fabricante passou a desenvolver não somente placas simples, mas também produtos com foco em IoT, tecnologias vestíveis, im-

pressão 3D e ambientes incorporados (SANTOS, 2019).

O Arduino consiste em um equipamento semelhante a um pequeno computador, que pode ser programado de forma a possibilitar o processamento de entradas e saídas com outros dispositivos e componentes externos conectados a ele (MCROBERTS, 2010).

Com relação a software, o Arduino possui seu próprio ambiente de programação, denominado Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), um software de uso livre, utilizado para criação de códigos baseados na linguagem C e *Processing*.

Com o IDE, é possível escrever um conjunto de instruções ou programa, conhecido no Arduino como *sketch* (rascunho) e assim enviá-lo ao microcontrolador da placa por meio da conexão USB para que ele o execute (MCROBERTS, 2010).

O Arduino, como descreve Ibrahim (2002), possui tais características e se encaixa no escopo deste projeto pela facilidade de implementação, baixo custo e forma simples de gerenciamento, no entanto ele não tem a capacidade de se conectar com uma rede por si só, para isso, utilizam-se os *Shields* que expandem as funcionalidades do Arduino.

Existem diversos tipos de *Shields* que permitem ao Arduino se conectar a uma rede *wifi* ou através de *Bluetooth* ou até mesmo um *Ethernet Shield* para conectar-se diretamente à rede via cabo. Um microcontrolador contém um microprocessador e periféricos como: dispositivos de entrada e saída (E/S), memória de dados e programa, conversores analógicos - digitais (A/D) e digitais - analógicos (D/A), temporizadores, geração PWM, entre outros, integrando em um único circuito (IBRAHIM, 2002).

Com o auxílio de um software de ambiente para desenvolvimento integrado (IDE) é possível desenvolver um programa (algoritmo) para o controle dos periféricos do microcontrolador, e, em consequência atuar sobre os dispositivos externos (IBRAHIM, 2002).

As aplicações geralmente são dedicadas para uma determinada tarefa, sendo alguma delas:

- Automação industrial e residencial;
- Eletrodomésticos;
- Instrumentos de medição;
- Dispositivos móveis.

Existe um serviço consolidado e de baixo custo que oferece uma ferramenta completa para entusiastas e profissionais. O *Blynk* é um aplicativo personalizável que te permite controlar e reportar placas de Hardware programáveis baseadas em Arduino (KOLBAN, 2015).

O serviço é composto por 3 elementos: O *Blynk App*, *Blynk Server* e *Blynk Libraries*. O *Blynk App* é a interface propriamente dita, é o ambiente que lhe permite criar aplicações que interagem com o hardware através de um espaço específico, através dessa interface um usuário consegue criar e manipular diversas funções numa única placa (KOLBAN, 2015).

Já *Blynk Server* é o ambiente programado em nuvem onde ficam armazenadas todas as informações e estados do aplicativo e da placa, ele é o intermediário que viabiliza a comunicação dos sensores do hardware, dos comandos do aplicativo e armazena as respostas geradas (KOLBAN, 2015)

O *Blynk Libraries* é responsável por gerir toda a conexão do hardware com o servidor *Blynk* e gerir as requisições de entrada e saída de dados e comandos. A forma mais fácil e rápida é utilizá-la como bibliotecas Arduino. Esses três componentes fazem parte de uma

única ferramenta que interagem para viabilizar a aplicabilidade do Arduino (mas não somente) na automação de *Smart Appliances* ou até mesmo em processos de produção de baixa escala (KOLBAN, 2015).

Como o *Blynk* possui um servidor próprio, é possível conectar sua placa Arduino à rede sem o uso de *shields* e baseado nas definições de (MONTAGNOLI et al., 2009), o *Blynk* App pode ser usado como referência na construção de um protótipo, pois possui uma interface que permite executar ações e pedidos a placa Arduino, gerenciando-o dessa forma, bem como um servidor próprio para eventualmente conectar outros *Smart Appliances* a uma única rede se necessário. (MONTAGNOLI et al., 2009).

3.2 Espressif Systems

A família de microcontroladores ESP é mantida pela empresa chinesa *Espressif Systems*, tendo como principal diferencial uma tecnologia de comunicação de rede sem fio integrada e de baixo consumo energético. A empresa desenvolve basicamente três chips, denominados, ESP32-S2, ESP32 e ESP8266, cada qual com suas especificações, recursos e custo (KOLBAN, 2015).

Estes chips são pequenos e improváveis de ter algum uso vindo diretamente da fábrica, todavia, diversos fabricantes adquirem tais chips e projetam placas microcontroladoras que os utilizam como um processador central (KOLBAN, 2015).

ESP8266 é o nome de um sistema embarcado projetado pela *Espressif Systems*. O ESP8266 se define como uma solução de redes Wi-fi autossuficiente se oferecendo como uma ponte entre um microcontrolador pré-existente e a rede com sinal Wi-fi, e que também é capaz de executar aplicações de maneira independente (KOLBAN, 2015).

Existem vários tipos de modelos de placas disponíveis, porém, é importante notar que existe apenas um processador ESP8266 e ele é encontrado em todas as suas variações. O que diferencia uma placa de outra é o número de pinos GPIO expostos, a quantidade de memória flash disponível, o estilo de pinos conectores e várias outras considerações relacionadas a sua construção. De um ponto de vista de programação, eles são todos iguais (KOLBAN, 2015).

Para comunicação serial o ESP8266 tem dois UARTS de *hardware* (portas seriais): UART0 nos pinos 1 e 3 (TX0 e RX0 respectivamente). O UART0 também possui controle de fluxo de hardware nos pinos 15 e 13 (RTS0 e CTS0 respectivamente). Esses dois pinos também podem ser usados como pinos TX0 e RX0 alternativos (PIETER, 2017).

Em relação as entradas e saídas digitais para definir a função de um pino digital ao programar deve-se usar a função *pinMode*(pino, modo); onde pino é o número do *General Purpose Input/Output* (GPIO) e o modo pode ser INPUT, que é o padrão, OUTPUT ou INPUT_PULLUP para habilitar os resistores *pull-up* integrados para GPIO-15. Para habilitar o resistor *pull-down* para GPIO16, você deve usar INPUT_PULLDOWN_16 (PIETER, 2017).

Dependendo da placa de desenvolvimento usada, pode-se ter um mapeamento de pinos diferente. Para endereçar um pino na placa de desenvolvimento NodeMCU, por exemplo, usa-se *pinMode* (D5, OUTPUT) (PIETER, 2017).

Para definir um pino de saída com nível lógico alto (3,3V) ou baixo (0V), usa-se *digitalWrite* (pino, valor); onde pino é o pino digital e valor 1 ou 0 (ou HIGH e LOW) (PIETER, 2017). Para ler os dados enviados por um sensor deve-se usar a função *analogRead* (A0) para obter a tensão analógica na entrada analógica. (0 = 0V, 1023 = 1,0V) (PIETER, 2017).

O ESP também pode usar o ADC para medir a tensão de alimentação (VCC), para fazer isso, usa-se a função `ADC_MODE (ADC_VCC)` no topo do seu esboço, e use `ESP.getVcc ()` para obter a voltagem. Ao usá-la para ler a tensão de alimentação, nada poderá ser conectado ao pino analógico (PIETER, 2017).

Embora os dispositivos agora estejam fisicamente conectados (seja por fios reais (*Ethernet*) ou por ondas de rádio (WiFi), eles ainda não podem se comunicar de fato, porque não têm como saber para quem enviar a mensagem. É aí que entra o *Internet Protocol* (IP). Cada dispositivo na rede tem um endereço IP pessoal.

O *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP) garante que esses endereços sejam exclusivos. Isso significa que se pode enviar uma mensagem para um endereço específico (PIETER, 2017).

Existem duas versões do protocolo da Internet: IPv4 e IPv6. O IPv6 é uma versão aprimorada do IPv4 e tem muito mais endereços do que o IPv4. O IPv4 ainda é o mais utilizado e ele será utilizado neste trabalho, pois ainda é o mais utilizado na maioria das *Local Area Network* (LAN) (PIETER 2017).

A utilização das mais variadas versões promove aos microcontroladores ESP uma grande faceta de aplicação para seu uso, favorecendo a disseminação do produto e garantindo que sua aplicabilidade seja efetivada de acordo como se propõe. Tendo em vista sua aplicação, os controladores ESP buscam uma maior autonomia sobre os aparelhos a quais estão aplicados, reduzindo gastos energético e economia de custos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de microcontroladores no uso diário passa a ser vista de uma forma bem variada, presente em diferentes objetos, estes controladores promovem a execução de algumas atividades mais viáveis, visto a grande corrida que passa a ser o dia a dia social. De tal forma, estes microcontroladores executam com excelência sua função de facilitar a automação de alguns dispositivos elétricos, estimulando desta maneira a sua disseminação entre a sociedade.

Com uma imensa gama de mercado, os microcontroladores estão nas mais variadas formas, isto é, estão presentes desde a fabricação de aparelhos de uso simples como relógios e torneiras, com em objetos de uso industrial como nos inversores de frequência utilizados em bombeamentos de usinas. Por conta disso, diferentes fabricantes de microcontroladores expõem seus protótipos no mercado, favorecendo dessa forma uma competição sadia entre elas e resultando numas maiores disponibilidades destes controladores no mercado, com grandes variações de uso e valores.

A aplicação diretas dos microcontroladores varia de acordo com seu objetivo, como supracitado, estes controladores estão presentes nas mais variadas formas de automação, especificando-se de acordo com sua criação e destinação. De tal maneira, a sua usabilidade passa a ser referida de acordo com seu uso, tendo no mercado uma grande gama de oferta dos mais variados tipos, indo de acordo com a demanda de seu consumidor.

Desta forma, torna-se relevante a execução de futuros trabalhos que tratem da utilização destes microcontroladores e como sua aplicação pode garantir uma maior eficiência e autonomia aos aparelhos de uso cotidianos (ar-condicionado, luzes etc), levando em consideração ao seu potencial papel de redução de energia elétrica, tornando-o em um estudo com potencial enriquecedor ao setor de engenharia e a sociedade.

Referências

- AREFIN, A. S., HABIB, K. M. M., SULTANA, R., KABIR, S. M. L., Designing a Low Cost Microcontrolled-based Device for Multipurpose Learning, **10th International Conference on Computer and Information Technology - ICCIT**, Dhaka, pp 1-3, 2007.
- ATMEL Corporation. **8-bit AVR Microcontroller with 8/16/32Kbytes of ISP Flash and USB Controller datasheet**. San Jose. 2012.
- BONNETTI, D. A., Design for in-system programming. **Proceedings of the 1999 ITC International Test Conference**, Atlantic City, NJ, USA, pp 252 – 259, 1999.
- CHOI, C., **A microcontroller Applications Course and Freescale’s Microcontroller Student Learning Kit**. American Society for Engineering Education (ASEE), 2008.
- HAMRITA, T. K., POTTER, W. D., BISHOP, B., Robotics, Microcontroller and Embedded Systems Education Initiatives: An Interdisciplinary Approach. **International Journal Engineering Education**, vol. 21, nro. 4 pp. 730-738, 2005.
- IBRAHIM, D. **Microcontroller Based Temperature Monitoring and Control**. 1ª Ed. Newnes, 2002.
- JAMES, S., Evolution of in-system programming for flash memory, **Electronic Engineering**, London, vol. 70, pp. 78-80, 1998.
- KOLBAN, Neil. **Kolban’s Book on ESP8266**. Texas, USA. 2015.
- MCROBERTS, Michael. **Beggining Arduino**. Apress. Nova Iorque: 2010.
- MEEK, S., FIELD, S., DEVASIA, S., Mechatronics education in the department of mechanical engineering at the University of Utah, **Mechatronics**, vol 4. Nro.2 pp. 217- 225, 2003.
- MONK, Simon. **30 Arduino Projcetcs for the Evil Genius**. McGraw-Hill. Nova Iorque: 2010.
- MONTAGNOLI, A. N., OGASHAWARA, O., WATANABE, F. Y., KATO, E. R. R., MORANDIN JR. O., Módulo Didático para Ensino da Teoria de Controle. In: **XXXVII Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia (COBENGE)**, 27 a 30 de setembro, Recife, Pernambuco, 2009.
- MONTAÑEZ, E., Microcontrollers in Education: Embedded Control – Everywhere and Everyday, **Proccedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition**, 2005.
- OLIVEIRA, E. S. Softwares educativos no processo de ensino-aprendizagem da matemática de crianças com necessidades especiais nas áreas mental e visual. **Anais do XI Encontro Nacional de Educação Matemática**. Curitiba - PR, 2013.
- PIETER, P. **A Beginner’s Guide to the ESP8266**. 2017.
- SANCHO, J. **Tecnologias para transformar a Educação**. Porto Alegre: Artmed, 2008.
- SANTOS, J. W e LARA JR, R. C. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador esp32 e monitorado via smartphone**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- WEISS, M.L.L.; WEISS, A. **Vencendo dificuldades de aprendizagem escolar**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Wak Editora, 2011

9

SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE EM PROL DE CONDUZIR MELHORIAS NO ACIONAMENTO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE MOTORES ELÉTRICOS

*AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS TO CONDUCT
IMPROVEMENTS IN THE DRIVE AND ENERGY EFFICIENCY
OF ELECTRIC MOTORS*

Rennan Rodrigues Trinta

Resumo

Este trabalho apresenta um estudo com atenção fundamental com referências aos aspectos de importância da evolução tecnológica para a atuação do trabalho de equipamentos no ambiente industrial, com função direcionada as soluções compostas pelos sistemas de automação e controle afim de melhorar as condições de trabalho e acionamento dos motores elétricos presentes no contexto da indústria. Buscar-se evidenciar como esses sistemas e seus dispositivos podem introduzir benefícios em prol da eficiência energética e do funcionamento dessas ferramentas através de sistemas compostos de inteligência desenvolvida para orientar suas ações, e de como colaboram de forma expressiva para as condições de trabalho no setor industrial. Esse estudo se dá por meio de revisão bibliográfica e tende a enfatizar as características positivas dos sistemas de automação e controle no processo e para efetuar a construção desse estudo, será efetuada a verificação aprofundada em trabalhos e projetos já realizados, com o intuito de obter o máximo de informações para alcançar as conclusões necessárias.

Palavras-chave: Automação e controle. Motores Elétricos. Eficiência energética. Dispositivos de automação.

Abstract

This work presents a study with fundamental attention with references to the aspects of importance of the technological evolution for the performance of the work of equipment in the industrial environment, with function directed to the solutions composed by the automation and control systems in order to improve the working conditions and activation of the electric motors present in the context of the industry. Seeking to show how these systems and their devices can introduce benefits in favor of energy efficiency and the functioning of these tools through systems composed of intelligence developed to guide their actions, and how they collaborate in an expressive way for the working conditions in the industrial sector. This study is carried out through a literature review and tends to emphasize the positive characteristics of automation and control systems in the process and to carry out the construction of this study, an in-depth verification will be carried out in works and projects already carried out, in order to obtain the maximum amount of information to reach the necessary conclusions.

Keywords: Automation and control. Electric motors. Energy efficiency. Automation devices.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de processos trabalha de forma dinâmica e pode apresentar de forma simultânea inúmeros processos, naturalmente conduzidos por máquinas e equipamentos que podem dar suporte à operação em determinadas tarefas do ambiente. Os sistemas de controle e automação dispõem de técnicas que beneficiam o comportamento de processos, equilibram as ações presentes na planta industrial e gerando condições de segurança, redução de gastos, medidas eficazes para o uso de energia, facilidade, entre outros.

Compreende-se que é relevante estudos sobre os sistemas de automação e controle em prol de fornecer elementos capazes de melhorar a performance dos motores elétricos, para gerar elementos de qualidade no desempenho dos processos de alta complexidade. Esses sistemas têm como característica coordenar e determinar o fluxo de algumas atividades que acontecem durante as etapas do processo industrial, sendo capazes de verificar e controlar máquinas, equipamentos e outros dispositivos dotados de tecnologia.

Justifica-se que é fundamental o desenvolvimento de estudos para a maior compreensão desses sistemas, pois a verificação dessas tendências pode agregar possibilidades de implantação de projetos destinados a beneficiar a indústria e a evidenciar a constatação da viabilidade em resolver problemas gerados pelo uso desordenado de energia.

Este estudo trata-se de uma verificação teórica sobre os sistemas de automação e controle em favor de impactar de forma positiva a performance dos motores elétricos. E como ponto inicial a questão que o trabalho busca enfatizar é: como o avanço das inovações dos sistemas de automação e controle podem proporcionar benefícios em prol do acionamento e eficiência energética desses motores?

Diante da problemática exposta acima e com a prudência em solucionar essa questão, apresenta-se o objetivo geral que busca efetuar um estudo referente a evolução dos sistemas de automação e controle e dos dispositivos inteligentes que contribuem para gerar melhorias e qualidade no funcionamento de motores elétricos. Enquanto os objetivos específicos busca: descrever o funcionamento do acionamento de motores elétricos; destacar as tecnologias dos sistemas de automação e controle; e informar os benefícios gerados com o uso desses sistemas no processo.

O tipo de pesquisa a ser fomentado nesse estudo é através de Revisão de Literatura, onde utiliza-se de fontes retiradas em livros fornecidos na Biblioteca da Faculdade Pitágoras, como também, em artigos, teses, livros digitais, revistas acadêmicas e dissertações disponíveis nas plataformas de busca Google Acadêmico, Science.gov e Scielo. O critério de publicação dos trabalhos deve atender a publicações efetuadas nos últimos 40 anos, para destacar a evolução dessa tecnologia. Os descritores de busca utilizados serão: Automação e controle, Eficiência Energética e Motores elétricos.

2. FUNCIONAMENTO DOS MOTORES ELÉTRICOS

Os motores elétricos fazem-se presentes em diversas áreas industriais e em setores dinâmicos de serviços, são utilizados para dar suporte no desenvolvimento de determinadas atividades, sendo elas, específicas as suas características de trabalho. Fatores relevantes de economia e redução energética, controle de velocidade, da própria vida útil e manutenção são alguns dos elementos relacionados ao uso desse equipamento (GASPAR, 2004).

É notável verificar a importância dos motores elétricos para a realização de tarefas na indústria, os motores de corrente contínua participam de ações que efetuam ajustes no controle de velocidade e os de corrente alternada tem a função de estabelecer o movimento de outros equipamentos e são usados em grande parte na indústria, em funções que demandam um esforço considerável (RAMOS, 2009).

Por serem peças fundamentais para o trabalho de determinadas atividades, os motores elétricos podem estar presentes em grandes quantidades na indústria, sendo utilizados de acordo com as suas características e função operacional (BRITO, 2002).

Considera-se o acionamento do motor como uma etapa muito delicada, pois nesse momento altos picos de energia são gerados, o que tende a aumentar os cuidados relacionados ao planejamento detalhado em projetos com o uso de motores elétricos, para que sejam antecipados diagnósticos de prevenção para amortecer esses impulsos (CARLESSO, 2015).

Com destaque ao ambiente industrial, 46% do consumo de energia no País vem de processos efetuados na indústria, sendo que, cerca de 55% dessa utilização está concentrada no uso dos motores elétricos. As distribuições dessas atividades podem ser observadas em diversos setores nos quais os motores efetuam algum tipo de acionamento, como o de compressores, de bombas, de ventiladores e de correias transportadoras (RAMOS, 2009).

Esse fato muitas vezes ocorre em decorrência do grande uso de motores antigos, havendo uma forte necessidade de troca por motores de alta performance. A identificação e escolha dos motores elétricos com um bom padrão de funcionalidade interfere diretamente no processo produtivo como também pode resultar em melhorias com o uso de energia, o que beneficia a também os indicativos para o aumento de eficiência energética (SOLA; MOTA, 2011).

Os motores de alto rendimento são considerados equipamentos com melhor desempenho, pois são diferenciados pela sua qualidade estrutural e pelo fato de consumo menor de energia no processo de operação (FRANCHI, 2018).

Esse consumo de energia pode receber a influência de vários aspectos, que podem interferir diretamente no processo durante a produção de trabalho, entre essas condições se encontram: o controle de velocidade e eficiência do motor, qualidade da rede de alimentação, dimensionamento dos sistemas, rede de distribuição, sistemas mecânicos de transmissão, a frequência com a qual ocorre a manutenção e os dispositivos associados (GASPAR, 2004).

O ambiente industrial busca adicionar em suas atividades motores com rendimentos excelentes e de pequenos custos, que opere com confiabilidade, eficiência, controle e adequação imediata as variações de carga e velocidade. A distribuição desses motores é de acordo com a função que ele irá executar, podendo trabalhar na movimentação de líquidos, ventiladores de gases, operações com latas, garradas e outros objetos, esteiras transportadoras, moinhos, agitadores, peneiras, entre outras funcionalidades (GARCIA, 2017).

A Figura 1 representa a participação dos motores no ambiente industrial e demonstra através do gráfico a porcentagem de cada elemento.

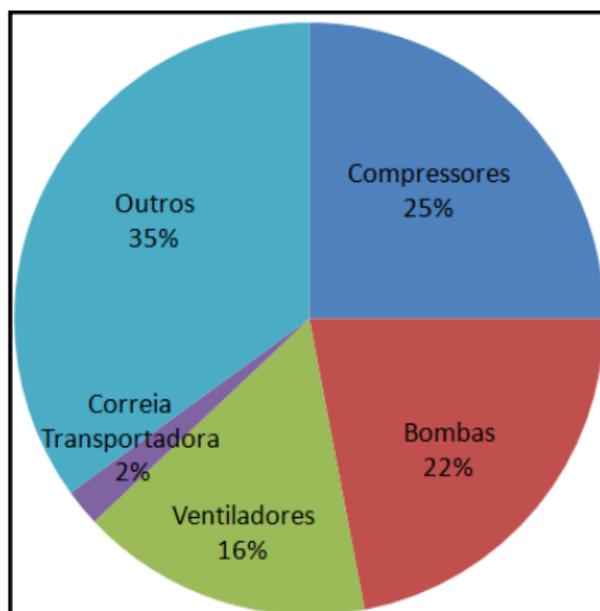


Figura 1: Participação dos motores elétricos nos acionamentos industriais

Fonte: Adaptado de Weg (2009)

Segundo Pereira *et al.* (2006), em seu estudo o autor enfatiza a importância de direcionar ações para compor melhorias na conversão eletromecânica de energia desses elementos e que essas medidas podem alcançar impactos positivos e econômicos para o regime operacional dessas máquinas.

Apesar desses equipamentos oferecerem algumas vantagens em relação a outras máquinas (em particular a diesel), como baixo custo em reparos, maior tempo de vida e melhor estrutura. Cita-se também alguns fatores que correspondem as principais desvantagens na atuação dessas máquinas, como a necessidade de projetar meios para conduzir energia até o espaço de instalação das máquinas e a excelência na oferta da energia utilizada (CARVALHO *et al.*, 2000).

Basicamente a estrutura dos motores de corrente contínua é composta pelo estator, armadura ou rotor, comutador e escovas, podendo ser classificados como motor série, motor *shunt*, motor serie-paralelo e independente. Já os motores de corrente alternada são denominados de síncronos e assíncronos.

Os motores de corrente contínua são geralmente utilizados em algumas situações específicas, onde sua atuação é necessária pelo fato de atuarem com variação em sua velocidade (COLOMBO, 2016). Sua fonte de alimentação ocorre através de uma fonte de corrente contínua, seu ciclo se inicia quando essa fonte de tensão é aplicada tanto no estator como no rotor da máquina.

Se tratando do funcionamento dos motores elétricos de corrente alternada, sua classificação se divide em síncronos, onde a velocidade de rotação do campo girante é constante e assíncronos onde sua funcionalidade está diretamente relacionada ao princípio de indução eletromagnético, os motores assíncronos são também denominados de motores de indução (COLOMBO, 2016). Os motores de indução são facilmente encontrados na indústria e para evitar problemas com esse tipo de motor, é necessário manter o controle e monitoramento desse equipamento (BUKOWSKI, 2019).

Esses motores são conhecidos como síncronos devido a uma característica particular presente em seu funcionamento, que é a de estabelecer uma sincronização entre a velocidade do rotor e o campo girante que é originado no estator, se tornando um equipamento

com velocidade constante (FRANCHI, 2014).

Segundo Carlesso (2015, p. 21), “dentre os diversos tipos de motores presentes na indústria, o mais utilizado é o motor de indução trifásica – MIT. Isso ocorre devido a sua forma construtiva simples, que o torna barato e de fácil manutenibilidade”.

O motor elétrico baseia-se em sua funcionalidade no princípio de transformação, ao modificar energia elétrica em mecânica e assim gerar o movimento de trabalho. De acordo com Gaspar (2004), a utilização dos inversores de frequência faz com que essa ação seja feita de uma forma ajustável e equilibrada.

Todo motor elétrico funciona a partir da propriedade de a corrente elétrica gerar um campo magnético e este, quando varia em relação ao condutor, provoca neste último uma corrente elétrica. Grosso modo, formam-se dois imãs, um no estator e outro no rotor, cuja interação provoca o movimento do motor (GARCIA, 2017, p. 50).

A partida é momento primordial da operação dos motores elétricos, considera-se também que é o instante mais delicado, pela transformação de estado para efetuar o trabalho. A partir dessa condição principal denominada de inércia, o motor elétrico exige uma enorme corrente maior do que aquela utilizada para exercer sua forma de trabalho constante (CARLESSO, 2015). Segundo Rocha *et al.* (2011, p. 06), “quando o motor atingir a velocidade nominal, a potência elétrica reduz-se apenas aquela necessária para suprir a carga mecânica”.

Sendo assim, essa velocidade nominal não corresponde ao valor definido de operação, mas sim o valor aproximado que pretende atingir a potência nominal de uma carga (PETRUZELLA, 2013).

2.1 O acionamento de motores de indução

Para a indústria de processos a etapa do acionamento tem uma função essencial, pois ela que conduz a ativação da movimentação de diversas máquinas e ferramentas. O MIT é considerado um equipamento primordial nas funções produtiva de força motriz, tendo sua atuação presente em processos simples até aqueles mais robustos e modernos (PEREIRA, 2006).

O acionamento dos motores de indução trifásica atende alguns critérios relacionados ao tipo de partida do motor, essas partidas são classificadas como partida direta, estrela-triângulo, partida compensadora e partida eletrônica *soft-starter* (CARLESSO, 2015). É no acionamento que ocorre o início de todo o trabalho no qual o motor elétrico irá desempenhar, efetuar essa condição com cautela é primordial para manter o ciclo do processo de operação em boas condições.

O motor elétrico é um tipo de equipamento que dispensa uma frequente mudança de estado, as partidas e paradas são previamente determinadas de acordo com a necessidade estabelecida pelo momento de trabalho, eliminando de forma total quaisquer possibilidades de efetuar um liga/desliga (FRANCHI, 2004).

Sendo assim, é relevante certos cuidados no momento de partida, efetuando o máximo de atenção com todo o sistema de controle do acionamento. Devido a esses cuidados, é fundamental utilizar de estratégias para manter o controle da ativação desse equipamento no momento do acionamento. Efetuar a correta leitura dos diagramas elétricos e entender a função de cada componente presente no circuito (PETRUZELLA, 2013).

Para que o motor elétrico funcione da forma adequada, verifica-se também o com-

portamento de algumas variáveis como: potência, torque, rotação, corrente, tensão, fator de potência e rendimento (GARCIA, 2017). Sendo fundamental compor medidas através de sistemas de controle dinâmicos para monitoramento dessas variáveis. Obter o controle dessas variáveis são de grande importância, principalmente para evitar a manifestação de problemas indesejáveis.

Diante da complexidade do funcionamento dos motores elétricos e da necessidade de funções tecnológicas que tendem a verificar e auxiliar as condições de trabalho desses equipamentos, promove-se no próximo capítulo o estudo sobre os sistemas de controle e automação.

3. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E CONTROLE

A automação surgiu diante da necessidade em melhorar a qualidade de determinados processos, a fim de potencializar o trabalho de alguns setores através de fatores e condições que pudessem favorecer o desenvolvimento das etapas de produção. Gerando ferramentas com capacidade para fabricar o máximo de produtos em menor quantidade de tempo, mantendo sempre a qualidade das etapas do processo (ROSARIO, 2009).

Vale destacar que as inovações tecnológicas contribuíram significativamente para impulsionar a evolução e aplicação da automação, sendo que o trabalho desses sistemas depende da integração de outros métodos para atrelar ao seu funcionamento. E para dimensionar as etapas de um processo de produção, utiliza-se dispositivos eletrônicos, elétricos e mecânicos, que executam ações de verificação em determinadas etapas do processo, com diagnósticos de precisão, correção de falhas, supervisão e controle (GUTIERREZ; PAN, 2008).

Cita-se que a busca frequente em desenvolver inovações tecnológicas estava associada ao intuito de impulsionar o aumento da produtividade na indústria e para alcançar esse patamar, era preciso conquistar melhorias relevantes, como a criação de máquinas modernas com alto valor de precisão e renovar a geração energética (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Refere-se a automação como meio pelo qual se substitui o trabalho manual pela introdução de dispositivos a fim de otimizar processos e efetuar tomadas de decisões através de elementos estabelecidos por comandos lógicos programáveis (LAMB, 2015).

A proposta definida por essa tendência promove grandes benefícios para o decorrer dos processos de trabalho, fazendo com que a automação seja requisitada em muitos projetos industriais. De acordo com Silveira e Lima (2003, p. 02) “os benefícios para qual quer processo automação são nítidos: eficiência, segurança, menor custo, maior produção, etc”.

Atrelada a indústria, a automação é construída por dispositivos com capacidade de orientar ações para obter o controle de equipamentos, máquinas e processos. Esses dispositivos têm funções bem definidas e interagem de forma precisa com as tarefas do ambiente, substituindo em algumas atividades as ações humanas (ROSARIO, 2009).

Essas funções precisam ser desenvolvidas de modo que o funcionamento individual de cada dispositivo opere em perfeita harmonia, para que todo o sistema esteja em constante equilíbrio, operando de forma coordenada, integrada e interativa (GUTIERREZ; PAN, 2008).

A implementação de projetos de automação vinculados a indústria tem como objetivo proporcionar referências positivas na funcionalidade do trabalho, esses pontos encontram-se diretamente relacionadas a estruturação de componentes que aumentam a qualidade, produtividade, flexibilidade e viabilidade técnica nas zonas dos procedimentos

complexos de trabalho. Evidencia-se também, que são alcançadas o aspecto de satisfação com esses sistemas através da minimização dos gastos com a produção, com os tipos de manutenção, mão de obra e em relação as máquinas, que não possuem esforços físicos e mentais (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

Avalia-se de forma primordial qual o tipo de demanda da empresa e qual técnica correspondente ao projeto de automação que a indústria irá executar, se ele vai atender as demandas de um processo ou de fabricação. Essa informação é essencial para a definir da construção do projeto e determinar as instruções de trabalho que ele vai efetuar (FERNANDES FILHO, 2014).

No cenário industrial a automação está presente nos setores para coordenar o trabalho de diversas técnicas de acionamentos, entre elas estão os equipamentos elétricos como os motores. Em destaque aos acionamentos elétricos onde a alimentação para iniciar o trabalho deve ter precisão nos valores de corrente e tensão (ROGGIA; FUENTES, 2016).

A princípio um projeto de automação deve identificar com cautela quais são as variáveis que devem ser verificadas, manobradas e a intensidade desejada para alcançar o ritmo constante do valor esperado (GUTIERREZ; PAN, 2008). Segundo Roggia e Fuentes (2016, p. 20) “variável de processo é “qualquer grandeza ou condição de um processo que é passível de variação. Em controle de processos também é chamada de variável controlada”.

No ambiente industrial os projetos de automação também são implementados de acordo com o tipo de processo e suas particularidades, podendo ser de pequeno porte até aqueles de alta complexidade. E nesse cenário existem dois tipos de processos cujo a automação pode ser encaixada, que são os de manufatura e os contínuos (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Uma indústria representada pelo processo de manufatura é definida por uma estrutura composta de etapas, onde cada momento é preparado para efetuar uma função específica. Essas tarefas são representadas pela produção, montagem, processamento, empacotamento de produtos e outros, e todas essas etapas da linha de produção são coordenadas através da organização da operação, da orientação de máquinas e da evolução sistemática de trabalho (LAMB, 2015). Nesse tipo de processo ocorre grande movimentação mecânica, devido à grande complexidade das linhas de produção.

Diferente do processo de manufatura, a metodologia que engloba o processo contínuo é representada pela mínima movimentação mecânica, sendo definido como o método que emprega baixo índice de paradas nas fases de produção e suas atividades envolvem fibras, líquidos, gases e pulverizadores (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

A automação industrial também é classificada em três modos que representam o seu nível de agilidade que essas funções devem cumprir, esses itens são denominados de automação fixa, automação programável e automação flexível (DE CAMARGO, 2014).

Na automação fixa a ordem do processo fundamenta-se em coordenar a grande escala de fabricação de um produto singular, sendo considerada um tipo de automação de baixo custo e alto rendimento de trabalho contínuo (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Já na automação programável utiliza-se de um processo com métodos qualificados para atender uma escala de produtos diferenciados, sua estrutura é formada para que as etapas de fabricação sejam determinadas para aceitar as distintas formas de padrões do produto. Esse tipo de automação é preparado para criar produtos customizados (DE CAMARGO, 2014).

E por fim, a automação flexível engloba característica da automação fixa e da automação programável, como essa técnica desempenha duas funções é necessário que haja

eficiência na troca dos métodos, para que não ocorra grandes intervalos de paradas e perdas desnecessárias (DE CAMARGO, 2014).

Nota-se a importância em escolher o tipo certo de sistema de automação para cada forma de trabalho, para que não haja problemas no decorrer das atividades. Esse olhar minucioso deve ocorrer também para a escolha dos dispositivos e equipamentos de controle, que são importantes na formação de todo o sistema.

Para o setor industrial encontram-se disponíveis duas funções de trabalho, que são os sistemas de controle contínuo e de controle discreto. Os sistemas de controle contínuo estão mais presentes em técnicas relacionadas a indústria de processos, enquanto os sistemas de controle discreto estão mais presentes em indústrias com técnicas de fabricação (FERNANDES FILHO, 2014).

O sistema de controle é o meio pelo qual ocorre à atuação sobre o processo, regula-se as funções de controle através das variáveis existentes no sistema, elas são modificadas com o intuito de se aproximar do valor ideal para manter com precisão o bem-estar do fluxo de trabalho (GARCIA, 2017).

Dentre as ações que podem ser adequadas pelos dispositivos de controle, tende-se a enfatizar as que mais fomentam importância para esse estudo. Que são as variáveis relacionadas ao tempo, potência, tensão, corrente, frequência, estado (ligado ou desligado) e velocidade (GUTIERREZ; PAN, 2008).

Essas variáveis são verificadas pelos sistemas de automação e controle aptos para supervisionar o comportamento dos equipamentos na indústria. Essa supervisão facilita no acesso de dados são essenciais para detectar falhas existentes no processo e corrigi-las de forma ágil, potencializando a qualidade e produtividade (ROGGIA; FUENTES, 2016).

A construção de um sistema de automação e controle pode ser direcionada a partir da utilização de variados dispositivos, esses dispositivos efetuam o trabalho a fim de estabelecer na planta elementos que facilitam o ajuste de ferramentas, aquisição de dados, comunicação, monitoramento, definição de algoritmos de otimização, supervisão, operação e noção de medidas (GUTIERREZ; PAN, 2008).

O sucesso da implantação desses projetos não se limita somente a personalizar mudanças na produção a fim de introduzir melhorias, a técnica tende a efetuar um planejamento que respeite e atenda com exatidão o fluxo das solicitações e exigências das empresas, atribuindo sempre o fator de qualidade (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

A técnica do controle de processo consiste em obter predominância na estabilidade do processo, a partir da verificação em tempo real das variáveis e dos cálculos necessários para que elas efetuem os ajustes nas mudanças de valores dessas variáveis (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Os sistemas de automação e controle efetuam tarefas fundamentais para a verificação dos processos, essas tarefas tendem a efetuar o monitoramento de todas as estações de trabalho, acrescentando também, comandos de alarme e intertravamento (RIBEIRO, 1999).

Destaca-se também nesse estudo, o uso da computação nos sistemas de controle e automação, essa técnica faz parte de toda a estrutura do sistema e efetua a lógica de comando a ser executada pelos dispositivos (ROSARIO, 2009).

Por meio da comunicação são transportados os dados que contém informações do comportamento do sistema, a verificação desses dados é que administra a tomada de decisão do controlador. As redes de comunicação e protocolos são as grandes responsáveis por efetuar todo o diálogo do processo (LAMB, 2015).

A pirâmide da automação industrial evidencia todas as informações que um projeto deve atender em determinados níveis de trabalho, ressalta-se os três níveis que estão mais próximos desse estudo.

No primeiro nível estão introduzidas as fontes de aquisição de dados e controle manual, onde prevalece a precisão e a verificação de todos os componentes que fazem parte planta industrial (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

Em sequência no segundo nível está qualificado para conduzir o controle particular com PLCs (*Programmable Logic Controller*) e SDCDs (Sistema Digital de Controle Distribuído), departamento que abriga os dispositivos que efetuam o controle instantâneo dos processos da planta (TEIXEIRA *et al.*, 2016)

Logo em seguida tem-se o terceiro nível da pirâmide, setor que integra o conjunto de funções relacionadas a gerência e otimização do ambiente. Nessa etapa ocorre a supervisão da planta, coleta e armazenamento de informações importantes para a atuação da empresa (TEIXEIRA *et al.*, 2016).

No capítulo a seguir evidencia-se a utilização dos sistemas de automação e controle em prol de fornecer melhorias para as condições de trabalho de motores elétricos e aumento da eficiência energética.

4. USO DESSES SISTEMAS NO PROCESSO

Após evidenciar nos capítulos anteriores os motores elétricos e os sistemas de automação e controle, vale ressaltar nesse capítulo as dimensões de algumas características que compõem a performance da utilização dessas tecnologias para conduzir processos na indústria.

Muitos benefícios podem ser adquiridos com o uso desses sistemas para fins industriais, pode-se mencionar por meio da utilização de dispositivos inteligentes capazes de agir sobre o processo, de efetuar uma comunicação em tempo real com o operador e de até mesmo atuar de forma remota em locais que apresentam difícil acesso (LAMB, 2015).

Diante da disponibilidade desses dispositivos tem-se a composição de uma ferramenta capaz de administrar os processos industriais, incluindo o monitoramento das máquinas, as etapas de controle dos processos, comandos e acionamentos. Essa ferramenta é denominada de sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), esse sistema também integra a eficiência de trabalho da planta e mostra em tempo real o comportamento dos equipamentos nela incluídos, gerando relatórios e gráficos de tendência para iniciativa de decisões fundamentais para as atividades de equipamentos no ambiente industrial (ROSARIO, 2009).

Entre os dispositivos acoplados nesse sistema, destaca-se os instrumentos de campo que são os sensores e atuadores, que fazem parte da etapa vinculada ao monitoramento e das ações a serem controladas pelo sistema (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

Os sensores são elementos capazes de captar sinais provenientes do ambiente e transformá-los em grandezas que podem ser citadas através de medições, essas funções correspondem a temperatura, velocidade, pressão, corrente, posição e aceleração, etc. (WENDILING, 2010).

Os sensores participam diretamente do sistema de aquisição de dados e dentro desse ambiente eles tem a incumbência de detectar movimentos, determinar frequências, avaliar dimensões e tamanhos e a partir desses dados indicar uma saída de pulso elétrico que

atenda uma resposta por meio dos valores citados (RIBEIRO, 1999).

Conforme Dalmolim (2019) menciona no desenvolvimento do seu projeto, um sistema de aquisição de dados, onde os sensores são utilizados para direcionar o controle de dimensões relacionadas a temperatura de trabalho interna, rotação e torque do motor. Sendo que, essa leitura de elementos corresponde a estabilidade de operação do motor.

Os atuadores são os responsáveis por capturar esse sinal e transformar em uma ação, essa condição é que faz com que os equipamentos executem uma atividade de trabalho (BRITO, 2017). Nesse estado, os sensores fornecem informações aos atuadores, e esses dispositivos de controle investigam as mudanças que são fundamentais para o processo (DE CAMARGO, 2014).

Nota-se a importância desses dispositivos por apresentar características de atuação sobre o processo, dessa forma, encaminham energia para promover a ação. Esses dispositivos podem ser de origem elétrica, hidráulica e pneumática (DE CAMARGO, 2014).

Existem também integrados ao sistema, as unidades programáveis que são o CLP (Controlador Lógico Programável), IED (Dispositivo Eletrônico Inteligente) e RTU (*Remote Terminal Units*), que capturam os dados e informações fornecidos pelos dispositivos de campo em relação ao comportamento dos equipamentos e em seguida enviam para a central de comando (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

Os CLP's são dispositivos que atendem uma lógica de programação específica para conduzir as ações de controle do sistema, esses dispositivos adquirem os dados produzidos, processam e geram os resultados de ajuste necessários para a estabilidade do processo (SILVEIRA; LIMA, 2003). O controlador é o elemento que de fato trabalha para manter a estabilidade do sistema, as instruções para efetuar o acionamento do atuador fundamentam-se nos dados informados pelos sensores (DE CAMARGO, 2014).

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um equipamento eletrônico digital, com hardware e software compatível com as aplicações industriais. Ele pode ser programado através de uma linguagem de programação de maneira a executar funções aritméticas, lógicas, de temporização, de contagem, entre outras. Possui entradas para aquisição de dados e saídas para acionar diversos tipos de dispositivos ou processos (ROGGIA; FUENTES, 2016, p. 81).

Enfatiza-se que o CLP é um componente repleto de benefícios para integrar ao trabalho dos equipamentos, entre eles cita-se a diminuição em gastos com energia e a precisão na comunicação com demais dispositivos (ROGGIA; FUENTES, 2016).

Os CLP's visam o controle de equipamentos em processos de alta complexidade, auxiliando os sistemas de supervisão e favorecendo o desempenho dos motores através da programação de funções de controle discreto (CARLESSO, 2015).

Outro componente são os dispositivos eletrônicos inteligentes, que tem funções primordiais para o sistema e sua finalidade está nas ações de controle dos equipamentos do esquema energético. Esses dispositivos efetuam ajustes e ações de controle por meio de informações fornecidas pelos sensores e equipamentos compostos de energia. Essas funções são desempenhadas para correções de corrente, para regular a tensão e frequência, com o intuito de manter o equilíbrio do processo (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

O dispositivo de controle e monitoramento RTU também apresenta grande relevância e tem como principal atribuição a atenção com aquisição de dados dos equipamentos que se encontram instalados em estações centrais distantes (BRANQUINHO *et al.*, 2014).

Além dos dispositivos de campo encontram-se também presentes no sistema as re-

des e protocolos de comunicação, que desempenham grande papel no processo pois esses componentes são os grandes responsáveis pela comunicação de todo o sistema. Cada rede e protocolo opera de acordo com as solicitações de trabalho do sistema, cada um correspondendo de forma específica as suas particularidades (LAMB, 2015).

Na automação industrial é essencial ferramentas para compor o controle e a supervisão do processo, são essas funções que beneficiam a administração de etapas minuciosas, essa condição compreende a direção, percepção e o tratamento de dados provenientes da planta industrial (BRANQUINHO *et al.*, 2014). Nos processos industriais as funções que responsáveis por essas condições são o dispositivo IHM (*Interface Homem Máquina*) e sistemas supervisórios.

Através da IHM é possível obter a funcionalidade de comunicação entre operador e a máquina, esse dispositivo instrui a supervisão e controle de forma que atenda todos os pontos do processo (BRAQUINHO *et al.*, 2014). Sua estrutura integra a verificação dos dados do processo de forma visual e habilita as configurações de parâmetros necessárias para o equilíbrio de funcionamento das máquinas (GUTIERREZ; PAN, 2008).

Estudos apontam que motores elétricos utilizam as IHM's como forma de efetuar a parametrização dos motores e determinar funções de alteração em algumas variáveis, como a de tensão inicial, tempo de rampa de aceleração, pulso de tensão na partida, degrau de tensão na desaceleração, tempo de rampa na desaceleração, nível de pulso de tensão na partida (ROCHA *et al.*, 2011).

O sistema supervisório é um *software* especial que envolve todos os dispositivos da cadeia produtivo e efetua as leituras de dados e parâmetros dos equipamentos presentes na planta industrial. Trata-se do sistema que automatiza, monitora e efetua a aquisição de dados dos componentes espalhados na operação, disponibilizando ações essenciais para tomada de decisões e acionamento dos motores elétricos e gera gráficos, relatórios e diagramas (BRAQUINHO *et al.*, 2014).

Os sistemas de automação e controle utilizados para a criação desses *softwares* de precisão é que agregam benefícios no desempenho dos motores elétricos, participam das etapas de acionamento, monitoramento, controle, diagnósticos de manutenção, leitura, medições, verificação de temperatura e controle de velocidade.

Moraes (2016) em seu estudo, cita o desenvolvimento de um sistema supervisório Sca-da para conduzir o controle dos inversos de frequência para regular e monitorar um motor de indução trifásico. Como alcance em seus objetivos, o autor cita que o processo se deu de forma satisfatória, com vantagens em relação a utilização da IHM para o controle do processo.

Por meio desses sistemas é possível efetuar uma leitura dos parâmetros de forma detalhada e visualização de valores em representação gráfica correspondente a rotação, frenagem e temperatura, sendo demonstrados em tempo real, assim com valores de corrente e a tensão de alimentação do equipamento (DALMOLIM, 2019). Os sistemas de automação e controle através desses dispositivos facilitam a performance de trabalho dos motores elétricos, pois viabilizam a expressão harmônica de trabalho dos motores elétricos.

Os inversores de frequência se portam como um dispositivo de muita relevância para esse processo, eles são habilitados a efetuar o controle da tensão necessária para o funcionamento dos motores elétricos e estabilidade da frequência que proporciona equilíbrio de velocidade durante o trabalho da máquina (FERNANDES FILHO, 2014).

Os inversores de frequência são a chave para alcançar o parâmetro de frequência, tensão e variação de velocidade dos motores de indução trifásica, esses valores podem

ser visualizados e configurados na IHM. Esses parâmetros podem ser de leitura, regulação, configuração, definições do motor e especiais, e estão vinculados a características de velocidade do motor, tempo de aceleração e desaceleração, definição do tipo de controle (remoto ou local) e valores de corrente e tensão nominal (MORAES, 2016).

Esses dispositivos integram muitos benefícios ao funcionamento dos motores elétricos e essas melhorias podem impactar de forma positiva outra tendência importante relacionada a eficiência energética.

4.1 A eficiência energética

A eficiência energética é conceituada como um método que busca eliminar o desperdício com a energia elétrica. Em relação aos motores elétricos sua preocupação concentra-se na proporção de energia usada por determinado equipamento, equivalente a energia que seria de fato necessária para o seu trabalho (AGOSTINHO *et al.*, 2017).

A consolidação da “Lei de Eficiência Energética” (Lei nº 10.295 de 17. Out. 2011 - BRASIL, 2001) que inclui em sua regulamentação sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e outras providencia em questão. Nela está contida o Decreto 4.508, de 11.dez.2002, que dispõe a regulamentação de níveis de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução.

Em acionamentos de máquinas elétricas a eficiência energética é um fator essencial para minimizar os desperdícios com uso de energia elétrica. Para controlar essa condição, os dispositivos de automação dispõem de funções para melhor aproveitamento de energia, com as táticas de monitoramento e controle das funções de funcionamento dos motores. Esse sistema também prevê toda uma configuração afim de utilizar somente os valores necessários para a realização do trabalho (CARLESSO, 2015). A correta interação desses dispositivos tecnológicos provido de inteligência e que participam da construção de projetos de automação e controle é que elevam a qualidade do ambiente industrial e norteiam melhorias para a eficiência energética dos motores elétricos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste presente estudo foi efetuado estudos referentes a definição e introdução teórica dos sistemas de automação e controle e duas funções que tendem a estabelecer benefícios significativos no ambiente industrial. Ações que buscam colaborar com a estabilidade, acionamento e funcionalidade no processo de acionamento dos motores elétricos.

Tem-se a apresentação dos conceitos teóricos relacionados a importância dos sistemas de automação e controle para melhorar as condições de atividade dos motores, com o uso de métodos que auxiliam no monitoramento dessas ferramentas e aquisição de informações precisas do seu funcionamento.

Com a verificação teórica dessas técnicas, considera-se é possível associar os métodos tecnológicos que envolvem os sistemas de automação e controle para potencializar as ações de trabalho dos motores elétricos. As soluções de competência desses sistemas impõem medidas de monitoramento, coleta de informações essenciais para o processo e uso energético, precisão no acionamento, medições de variáveis do processo, análise de correções e falhas e manutenção essenciais.

O desenvolvimento desse estudo aponta que essas tecnologias mencionadas favo-

recem a condução das etapas do processo de forma a atribuir qualidade nas ações funcionamento dos motores elétricos e que através dos dispositivos de controle é possível estabelecer melhores formas de utilização de energia e monitoramento de todo alicerce de funcionamento.

A pesquisa foi desenvolvida com o intuito de observar e explorar ideias e soluções referente ao tema, tendo um impacto relevante para a minha evolução pessoal e profissional como futuro engenheiro. Em cada passo da construção desse estudo, foi possível obter um ótimo aproveitamento para fortalecer a concretização da minha graduação.

Referências

AGOSTINHO, Fabio Ribeiro *et al.* Estudo sobre a viabilidade financeira na atualização tecnológica de uma planta fabril: Utilização de motores elétricos de alta eficiência e iluminação LED. **Revista Espacios**, v. 38, n. 12, p. 5-17, 2017.

BRANQUINHO, Marcelo Ayres *et al.* **Segurança de Automação Industrial e SCADA**. Elsevier Brasil, 2014.

BRASIL. **Decreto 4.508 de 11.dez.02**. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12. dez. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2022/d4508.htm>. Acesso em 21.out.2022.

BRASIL. Lei 10.295, de 17. Out.01 – “**Lei de Eficiência Energética**” Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12.dez.2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10295.htm#art2. Acesso em 21.out.2022.

BRITO, Fábio. **Sensores e atuadores**. Saraiva Educação AS, 2017.

BUKOWSKI, Thiago. **Sistema supervisorio para monitoramento térmico de motores elétricos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2019.

BRITO, Jorge Nei. **Desenvolvimento de um sistema inteligente híbrido para diagnóstico em motores de indução trifásico**. 2002.

CARLESSO, Jhonny Lincoln Carrano. **Automação de um sistema de exaustão industrial para a melhoria da eficiência energética**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

CARVALHO, Jacinto de Assunção *et al.* **Análise de custos na escolha do tipo de motor para acionamento de bombas em áreas irrigadas**. Ciência e Agrotecnologia, v 24, n. 2, p.434-440. 2000.

COLOMBO, Otávio Santos. **Análise para a implantação de automação em bobinadeira de motores elétricos**. Trabalho de conclusão de curso. Instituto Tecnológico de Caratinga. 2016.

DALMOLIM, Alexandre Alves. **Bancada didática para ensaios de motores de indução trifásicos**. 2019.

DE CAMARGO, Valter Luís Arlindo. **Elementos de automação**. Saraiva Educação AS, 2014.

FERNANDES FILHO, Guilherme Eugênio Filippo. **Automação de Processos e de Sistemas**. Saraiva Educação AS, 2014.

FRANCHI, Claiton Moro. **Sistema de acionamento elétrico**. Saraiva Educação AS. 2014.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. Saraiva Educação AS. 2018.

GARCIA, Claudio. **Controle de processos industriais: estratégias convencionais**. Editora Blucher. 2017.

GASPAR, Carlos. **Eficiência energética na indústria**. Cursos de eficiência energética, ADENE, 2004.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; PAN, Simon Shi Koo. **Complexo eletrônico: automação do controle industrial**. 2008.

LAMB, Frank. **Automação industrial na prática-série Tekne**. AMGH Editora, 2015.

MORAES, Arthur Souza de. “**Desenvolvimento de sistema supervisorio didático para controle de inversor**



- de frequência acionando motor de indução trifásico**". Trabalho de Conclusão de Curso. Caratinga-MG. 2016.
- PEREIRA, Adriano Holanda *et al.* **Freio eletromagnético para ensaios de motores elétricos de indução**. 2006.
- PETRUZELLA, Frank. **Motores elétrico e acionamento**: Serie Tekne. Bookman Editora. 2013.
- RAMOS, Mario Cesar do Espirito Santo. **Metodologia para avaliação e otimização de motores elétricos de indução trifásicos visando a conservação de energia em aplicações industriais**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- RIBEIRO, Marco Antônio. **"Automação industrial**. Salvador: [sn], 1999.
- ROCHA, Erick Melo *et al.* **Desenvolvimento de laboratório para ensino e pesquisa em automação e acionamentos industriais (convenio WEG Automação/UFPA)**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia Blumenau, SC. 2011.
- ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial**. Santa Maria: E-tec Brasil, 2016.
- ROSARIO, Joao Mauricio. **Automação Industrial**. Editora Baraúna. 2009.
- SILVEIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial**. Redes para Automação Industrial. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, p. 02, 2003.
- SOLA, Antonio Vanderley Herrero; MOTA Caroline Maria de Miranda. **Aplicação do método promethee na seleção de motores industriais para melhoria da eficiência energética**. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. 2011.
- TEIXEIRA, Ana Flávia Serpa *et al.* Automação industrial: Seus desafios e perspectivas. **Revista Cinética Universitas**, v. 3, n 2, 2016.
- WEG. **Motores Elétricos de Indução Trifásicos**. Disponível em:<<http://www.weg.com.br/>> Acesso em: 30 ago. 2022.
- WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, V. 2020, 2010.

10

INVERSORES DE FREQUÊNCIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FREQUENCY INVERTERS AND ENERGY EFFICIENCY

Roberth Lee de Oliveira Santos

Resumo

O Inversor de Frequência é um dispositivo eletrônico que transforma a frequência da rede em que está conectado em outra frequência desejada em sua saída, também um grande aliado para economia de energia em motores elétricos e grande parte dos motores em operação são usados aplicações que envolvem bombeamento ventilação e compressão. O questionamento chave para a elaboração do presente estudo passou a ser: considerando o aumento de energia elétrica nos últimos anos, qual a contribuição do inversor de frequência para eficiência energética em sistemas de bombeamento? Objetivando demonstrar e conhecer métodos que podem e são úteis para diminuir o consumo de energia e outras variedades através do inversor de frequência, o presente estudo de trata de uma pesquisa bibliográfica que busca analisar a funcionalidade destes inversores e sua capacidade de promover uma redução no gasto de energia elétrica desses motores, dessa forma, os inversores passam a ser uma excelente alternativa no que tange ao setor industrial um melhor controle de vazão em processos de bombeamento, substituindo os controles tradicionais de forma muito mais eficiente.

Palavras-chave: Inversor. Energia. Frequência. Eletrônico. Controle.

Abstract

The Frequency Inverter is an electronic device that transforms the frequency of the network to which it is connected into another desired frequency at its output, also a great ally for energy savings in electric motors and most of the motors in operation are used in applications involving pumping, ventilation and compression. The key question for the elaboration of this study became: considering the increase in electric energy in recent years, what is the contribution of the frequency inverter to energy efficiency in pumping systems? Aiming to demonstrate and know methods that can and are useful to reduce energy consumption and other varieties through the frequency inverter, the present study deals with a bibliographic research that seeks to analyze the functionality of these inverters and their ability to promote a reduction in spending, of electric energy of these motors, in this way, the inverters become an excellent alternative with regard to the industrial sector, a better flow control in pumping processes, replacing traditional controls in a much more efficient way.

Keywords: Inverter. Energy. Frequency. Electronic. Control

1. INTRODUÇÃO

Com a aplicação dos inversores de frequência além de energia elétrica, podemos obter grandes benefícios. Como o aumento da vida útil dos motores elétricos e do sistema como todo por diversos motivos, a rampa de aceleração que evita acionamentos bruscos, diminuição de gastos com a manutenção e um melhor resultado no controle do processo e outras várias funções de proteção.

Os Inversores de Frequência dispositivo eletrônico que transforma a frequência da rede em que está conectado em outra frequência desejada em sua saída, também um grande aliado para economia de energia em motores elétricos e grande parte dos motores em operação são usados aplicações que envolvem bombeamento ventilação e compressão.

Considerando o aumento de energia elétrica nos últimos anos, qual a contribuição do inversor de frequência para eficiência energética em sistemas de bombeamento?

O objetivo geral do presente estudo é demonstrar e conhecer métodos que podem e são úteis para diminuir o consumo de energia e outras variedades através do inversor de frequência, especificando-se em: Apresentar as principais vantagens do inversor de frequência na economia de energia; apresentar conceitos que demonstrem a importância da Eficiência Energética; apresentar conceitos de eficiência energética em sistemas de bombeamento.

O atual trabalho trata-se de uma Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva, onde serão utilizados artigos científicos e dissertações publicadas no período dos últimos dez anos nas áreas de Engenharia de Automação e Controle e áreas complementares. Serão utilizados os bancos de dados Google Acadêmico, Repositório Digital de Universidades, Biblioteca Digital e Scielo para composição de base teórica para o presente trabalho.

2. ASPECTOS RELACIONADOS AO FUNCIONAMENTO E APLICAÇÃO DE INVERSORES DE FREQUÊNCIA

Inversor de frequência é um aparelho eletrônico com a função de controlar a velocidade de um motor elétrico trifásico. Esse tipo de controlador aciona um motor elétrico e promove a variação da frequência e da tensão que é fornecida a esse motor, dominando a sua velocidade e a potência consumida. Assim, ele garante que o motor trabalhe em diferentes velocidades, sem a necessidade do uso de meios mecânicos, como polias, válvulas e redutores. É um equipamento extremamente útil para todo tipo e tamanho de empresa, de fácil aquisição e fabricado em diferentes modelos, tamanhos e potências (BLOG KALATEC, 2020).

Os motores elétricos são elementos conversores de energia elétrica em energia mecânica indispensáveis para a realização de diversos processos envolvidos nos setores produtivos, em virtude de suas inúmeras características atraentes sobre os demais tipos de motores, como, baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, facilidade de comando e controle, simplicidade de construção, grande versatilidade de adaptação às cargas e alto rendimento (SUETAKE et al., 2011). Suas principais atuações na indústria podem ser citadas como ventiladores industriais, bombas de água, compressores, ferramentas motorizadas e esteiras (SAIDUR, 2010).

Utiliza-se para este tipo de equipamento, dois tipos de configuração de rotor, são eles:

tipo gaiola de esquilo e rotor bobinado. O rotor do tipo gaiola de esquilo, possui barras de material condutor que são inseridas nas ranhuras do rotor e são curtos-circuitadas em suas extremidades, lembrando assim uma gaiola de esquilo. Este tipo de motor é amplamente utilizado devido à sua simplicidade e robustez apresentada. Para o rotor do tipo bobinado têm-se enrolamentos bobinados inseridos no rotor (enrolamentos semelhantes ao do estator), no qual suas extremidades são conectadas a anéis deslizantes sobre o eixo de forma isolada (FITZGERALD, 2006).

Entre os métodos de partida de MIT a partida direta é considerada como a maneira mais simples de se iniciar seu funcionamento. É aquela onde o motor é conectado diretamente à rede por meio de contatores eletromecânicos. Porém, nesta configuração, sua corrente de partida pode atingir sete vezes o valor da corrente nominal (ARANGO, 2009). Essa característica pode provocar um afundamento de tensão ao longo das linhas de distribuição, bem como afetar outras cargas conectadas na mesma rede de alimentação (BRITO, 2007). Além disso, quando ligado diretamente à rede, o motor gera um alto torque de aceleração durante a partida, provocando solavancos mecânicos na máquina. Estes solavancos podem trazer danos tanto à estrutura de fixação do equipamento quanto aos rolamentos, mancais e fixadores (CORRÊA, 2008). Em geral esse tipo de partida é empregue em motores de até 5 cv.

Para motores com potência superior a 5 cv é necessário utilizar um método de partida auxiliar. Os métodos mais utilizados, por serem mais simples, baratos e robustos são a partida com chave estrela-triângulo e a partida com chave compensadora (GONGORA, 2016). O método de partida estrela-triângulo reduz a corrente drenada pelo motor, limitando sua corrente de partida à um terço do valor atingido na partida direta. O MIT é inicialmente ligado em estrela e depois de atingir 90% da velocidade nominal a ligação é substituída por 18 uma ligação em triângulo (BRITO, 2007). Porém, com a redução da corrente, há também a redução do conjugado de partida, assim caso o conjugado não seja suficiente para movimentar o rotor, deve-se utilizar outro método de partida como por exemplo a partida com chave compensadora (CORRÊA, 2008).

As chaves compensadoras são dispositivos que permitem ao MIT ser acionado com uma redução da tensão aplicada por meio de “taps” de um autotransformador trifásico, que, por sua vez, consiste em transformador com um único enrolamento por fase, e um núcleo ferromagnético. Seu enrolamento primário é ligado em estrela à rede de alimentação, com tensão nominal. O secundário alimenta o circuito do estator do motor com a porcentagem de tensão nominal escolhida pelo operador (CORRÊA, 2008). Normalmente o motor pode ser ligado a “taps” que podem corresponder a 50%, 65% ou 80% da tensão nominal. Basicamente, seu funcionamento se restringe à utilizar o autotransformador até que o motor atinja 90% de sua velocidade nominal, após isso, o autotransformador é desconectado e assim o motor passa a ser alimentado diretamente pela rede.

Este método de partida apresenta um bom desempenho, porém é recomendado à motores de grande potência ou que necessitam de um maior conjugado de partida, se comparado com o acionamento via chave estrela-triângulo. Além disso, possui entre suas vantagens a variação gradual da tensão conforme número de taps; não se limita pelo tipo de ligação ou número de terminais do motor. Porém, apresenta desvantagens como: aumento do custo e das perdas de energia em relação a chave estrela-triângulo; maior volume dimensional e restrição do número de partidas (SILVA, 2010).

Os inversores de frequência, também conhecidos como conversores de frequência, são dispositivos que possibilitam a variação da velocidade de motores de indução trifásicos, permitindo variar, conseqüentemente, a velocidade dos processos nos quais estes

estão inseridos (NASCIMENTO, 2013).

Para o entendimento da atuação do inversor de frequência, é necessário entender primeiramente o funcionamento de cada parte que o constitui. A Figura 1 mostra a atuação deste equipamento dividida em blocos.

DIAGRAMA

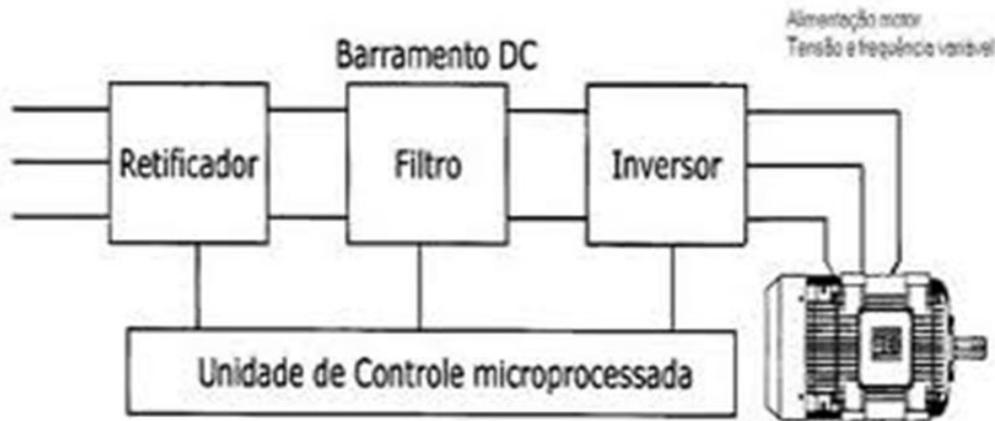


Figura 1. Inversor de frequência separado em blocos

Fonte: WEG acionamentos, 2009

- Retificador – O primeiro bloco do inversor de frequência é responsável pela retificação do sinal alternado vindo da rede, ou seja, transformar a tensão alternada da rede em contínua. A configuração mais comum de retificação é uma ponte de diodos em onda completa.
- Filtro – O segundo bloco consiste em um banco de capacitores eletrolíticos e circuito de filtragem de alta frequência, que permite uma suavização das variações de tensão e gera uma saída com tensão DC fixa.
- Inversor – O terceiro bloco é formado por um circuito inversor, compreendido por transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), que chaveiam a tensão CC advinda do circuito intermediário e geram uma saída PWM (Pulse With Modulation) para a carga. Os sinais obtidos são trens de pulso que ao serem aplicados em uma carga indutiva, como um motor, resultam em um sinal de corrente aproximadamente senoidal. As características do próprio enrolamento do motor se encarregam de fazer uma suavização da forma de onda que se torna quase senoidal.

Há também o bloco da unidade de controle microprocessada que é o local onde são controlados os disparos dos pulsos que acionam os IGBTs e geram as formas de ondas Figura 3. Inversor de frequência separado em blocos Figura 4. Pulsos filtrados pela carga indutiva (MIT) 20 necessárias para o controle de velocidade e torque dos motores, além de armazenar a parametrização do inversor de frequência (WEG, 2009).

Existem diferentes métodos para controle de velocidade do MIT, sendo estes classificados, basicamente, em duas categorias: Escalar e Vetorial. O controle escalar manipula apenas a magnitude da grandeza elétrica ou magnética, enquanto o controle vetorial controla tanto a magnitude quanto a posição angular destas grandezas (KRISHNAN, 2001; VAS, 1994). A seguir, são apresentadas mais definições de ambos os métodos de controle.

Os inversores de frequência utilizados no presente estudo foram programados para atuar no modo de controle escalar, onde seu funcionamento está baseado numa estratégia de controle chamada “V/F constante”, que mantém o fluxo do entreferro do motor constante para qualquer velocidade de funcionamento do mesmo. O enrolamento trifásico presente no estator do motor de indução tem dois parâmetros que definem suas características. Um deles é a sua resistência ôhmica R [Ohm], que depende tanto do material (cobre) quanto do comprimento do fio e o outro é a sua indutância L [Henry], que depende da geometria e da interação do bobinado com o rotor (WEG, 2009).

Sabendo que a corrente que circula pelo estator do motor é uma relação à tensão “ V ” aplicada ao motor com os valores de resistência “ R ” e reatância Indutiva “ X_L ”, pode-se afirmar, matematicamente, que:

$$\text{onde: } I = V / (R^2 + X_L^2)^{1/2}$$

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

Portanto, a partir da análise das Equações, é possível observar que a estratégia de controle “V/F constante” varia a tensão proporcionalmente com a variação da frequência de alimentação e conseqüentemente da reatância indutiva do motor. Assim obtém-se no estator uma corrente constante da ordem da corrente nominal do motor, variando assim a velocidade de carga acoplada ao eixo da máquina.

Muitos inversores já possuem em sua programação estes valores pré-programados para diferentes tipos de motores, já outros mais sofisticados utilizam rotinas de autoajuste para calcular tais parâmetros, configurando assim uma característica muito útil quando são utilizados motores rebobinados.

Este tipo de controle é geralmente utilizado em aplicações onde se faz necessária uma alta performance dinâmica, respostas rápidas e alta precisão de regulação de velocidade. Além disso, o motor elétrico deverá fornecer essencialmente um controle preciso de torque para uma faixa extensa de condições de operação. O controle vetorial apresenta como vantagens:

- Elevada precisão de regulação de velocidade;
- Alta performance dinâmica
- Controle de torque linear para aplicações de posição;
- Operação suave em baixa velocidade e sem oscilações de torque.

Portanto, como pode ser visto em WEG (2009), o controle vetorial se mostra como um avanço tecnológico significativo. Porém, em alguns sistemas que utilizam este tipo de controle é necessário o uso de um encoder (tacogerador de pulsos) acoplado ao motor para que este tenha uma melhor dinâmica. Caracterizando assim dois tipos de implementação de inversores sendo um deles sensorless (sem sensores) e o outro com realimentação por encoder (controle orientado pelo campo).

3. CONTRIBUIÇÃO DO INVERSOR DE FREQUÊNCIA PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

3.1 Consumo e Conservação de Energia

O crescente consumo de energia elétrica devido ao aumento da produção industrial exige um planejamento antecipado e a execução de políticas econômicas governamentais. Assim, essas políticas governamentais podem suprir a tempo as necessidades de expansão da produção de energia.

Segundo as metas estabelecidas pelo Procel (2007), caso seja mantida a estrutura atual de uso de energia elétrica, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 [TWh/ano]. Caso os desperdícios sejam reduzidos, estima-se uma conservação anual de até 130 [TWh]. Uma das metas do Procel é a redução das perdas na transmissão e distribuição para um valor próximo de 10%. Juntamente com a adoção do Selo Procel espera-se um aumento médio de 10% no desempenho dos equipamentos que participam do programa.

O setor industrial é o setor da economia brasileira que possui o maior consumo de energia, com 44% desse consumo. Dessa maneira, também é responsável por grande parcela do desperdício da mesma. Em todos os setores industriais a força motriz é predominante.

Logo, os motores elétricos correspondem a 60% da eletricidade consumida na indústria. Os sistemas de bombeamento são responsáveis por 18% da energia consumida por motores elétricos na indústria, sendo de grande importância a implementação de programas de eficiência energética neste setor

O motor mais utilizado nos processos industriais é o motor elétrico de indução. Suas principais vantagens são: eliminação do atrito de todos os contatos elétricos, facilidade de se encontrar no mercado e grande robustez. A sua construção, bastante simples, permite a redução do preço final do produto, e ainda, possui uma gama bastante variada de aplicações.

3.1.1 Eficiência em motores elétricos

O motor de indução trifásico com rotor de gaiola de esquilo é largamente utilizado na indústria, correspondendo a 75% dos motores existentes no Brasil. Na indústria, devido à utilização de motores de maior porte, este número é seguramente maior, isso porque os 25% restantes constituem-se de motores menores que 1 [cv], monofásicos, com aplicações em equipamentos residenciais como geladeiras, ar-condicionado, máquina de lavar, entre outros.

Alguns dos fatores que influenciam o desempenho do motor de indução são: dimensionamento incorreto, desequilíbrio entre fases e variação da tensão de alimentação em relação a nominal. Outros fatores que influenciam diretamente no rendimento de um motor são: motor rebobinado, instalação inadequada, alimentação elétrica e manutenção.

A maior ocorrência da falta do uso eficiente de um motor de indução é o seu superdimensionamento. O superdimensionamento ocorre, geralmente, pela falta de conhecimento sobre o ciclo de carga e os coeficientes de segurança.

Caso o motor trabalhe com baixos índices de carregamento, haverá a diminuição do rendimento a valores insatisfatórios. Segundo a empresa WEG (2010), a faixa de operação para a obtenção de um maior rendimento deve ser entre 75% e 100% da potência nominal.

Outro inconveniente do superdimensionamento é o baixo fator de potência. Quanto menor o fator de potência maior serão as correntes que circularão desnecessariamente pelo motor e pela rede. Além disso, alguns outros prejuízos podem ser citados: aumento do nível de corrente do circuito e o conseqüente incremento de perdas, queima de motores causada pela flutuação de tensão, sobrecarga de equipamentos, desgaste dos equipamentos de proteção e manobra, impossibilidade de instalação de novas cargas em transformadores carregados, e aumento de investimentos em condutores e equipamentos

Como se pode perceber, as conseqüências de um baixo fator de potência implicam em uma grande quantidade de problemas. Portanto é visto que a correção do mesmo para valores mais elevados é de fundamental importância. Foi com esse intuito que, a partir de 1994, o Brasil passou a penalizar financeiramente empresas consumidoras que trabalhassem com fator de potência menor que 0,92.

3.1.2 Acionamento eletrônico

O acionamento eletrônico tornou-se uma alternativa atraente, quanto ao seu potencial significativo de conservação de energia, com os grandes avanços conseguidos por estudos na área de eletrônica de potência. O acionamento eletrônico pode ser usado tanto como método de partida (soft-starters) ou como método de controle de vazão (inversores), no caso de bombas centrífugas.

A energia elétrica distribuída no Brasil possui frequência de 60 [Hz]. Uma vez que a velocidade dos motores de indução trifásicos é proporcional à frequência das tensões e da corrente de entrada (e estes são alimentados diretamente pela rede), os motores de indução atendem suas cargas satisfatoriamente bem quando usados em aplicações à velocidade constante. Porém, em muitas aplicações, o controle de velocidade pode ser requerido e com isso, o acionamento eletrônico se apresenta com o intuito de satisfazer essa necessidade. Além de garantir uma maior versatilidade ao motor de indução quanto ao seu controle, os acionamentos eletrônicos também são utilizados como forma de conservar energia elétrica.

O inversor de frequência pode ser usado para o controle de vazão em processos de bombeamento, substituindo os controles tradicionais de forma muito mais eficiente, tais como válvula de controle, by-pass e sistema on-off. Esses processos, largamente utilizados em indústrias, possuem potencial de redução de energia elétrica na ordem de até 30% teoricamente.

O avanço da eletrônica de potência nos últimos anos resultou no surgimento de novos equipamentos e de novas topologias, destinados a modernizar as técnicas convencionais de acionamentos elétricos para motores de indução. O soft-starter, por exemplo, vem como equipamento de substituição aos métodos tradicionais de partida (chave estrela-triângulo e compensadora) com muitas vantagens.

Os inversores de frequência são equipamentos muito utilizados, para a alimentação de motores de indução trifásico do tipo gaiola de esquilo. Eles permitem um acionamento com velocidade variável, controlando a tensão e a frequência de alimentação dos motores.

A tecnologia dos inversores evoluiu proporcionando características de controle de velocidade e de torque em um motor de indução. O primeiro instante dessa evolução foram os conversores de frequência com controle escalar (controle da relação tensão/frequência – V/f) e chaveamento PWM (modulação por largura de pulso), e posteriormente, visando melhorar o desempenho dos conversores de frequência foi desenvolvido o modelo de con-

trole vetorial que controlam a tensão e a frequência independentemente uma da outra.

O motor elétrico atende satisfatoriamente bem as exigências das aplicações à velocidade constante. Entretanto, muitas vezes é necessária a variação da velocidade dos motores, como por exemplo, na utilização de um ventilador de velocidades variadas.

Os inversores ajustam seus parâmetros de modo a manter o rendimento de um motor na condição nominal de carga ou próximo dela, portanto, o inversor adaptasse conforme as solicitações da carga acionada pelo motor. A economia proporcionada pelo inversor de frequência é dada em função da redução da potência de entrada, do número de horas de funcionamento e do preço da energia elétrica.

4. SISTEMAS DE BOMBEAMENTO

Uma bomba é um instrumento capaz de transferir energia de uma fonte para um líquido, assim esse líquido pode realizar trabalho. Objeto desse estudo, as bombas centrífugas são largamente encontradas em diversos ramos de sistemas de bombeamento devido a: facilidades de instalação, manutenção barata, flexibilidade de operação e investimento inicial baixo. Alguns exemplos de aplicações: irrigação, sistemas de água gelada (ar-condicionado), saneamento, indústrias químicas, petroquímicas, indústria açucareira, destilarias, circulação de óleo, entre outras diversas aplicações. Uma bomba centrífuga pode operar a uma velocidade constante e produzir vazões que vão de zero até um valor máximo, dependendo do projeto da bomba. Diversas são as variáveis que dependem da sua capacidade, entre elas a carga total (H), a potência (P) e o rendimento (η). A potência que a máquina entrega ao líquido é diferente da potência consumida por ela. Pode ser definida pela equação. (1)

$$(1): (\gamma \cdot Q \cdot H) P_c = \text{-----} (1) (75 \cdot \eta) \quad (1)$$

Onde:

P_c – Potência cedida ao líquido [cv];

γ – Peso específico do líquido [kgf/m³];

Q – Vazão [m³/s];

H – Carga da bomba [m];

η – Rendimento da bomba.

A potência consumida da rede de energia elétrica por uma bomba centrífuga tocada por um motor elétrico de indução trifásico é dada pela equação (2).

$$P_e = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos j \quad (2)$$

Onde:

P_e – potência elétrica consumida da rede por parte do motor de indução trifásico [W];

V – tensão entre fases [V];

I – corrente [A];

$\cos j$ – fator de potência do motor;

Dentre os fatores que influenciam na curva característica da bomba, cita-se a variação da viscosidade do líquido, entre outros. No entanto, baseado no enfoque do presente trabalho cita-se a variação de rotação da bomba como fator mais importante. Para a variação de rotação tem-se a variação da vazão (Q), dada pela equação (3), da carga (H), dada pela

equação (4) e da potência absorvida, dada pela equação (5).

$$Q = Q_1 \cdot (N/N_1) \quad (3)$$

$$H = H_1 \cdot (N/N_1)^2 \quad (4)$$

$$P = P_1 \cdot (N/N_1)^3 \quad (5)$$

Onde:

Q e Q₁ – vazão obtida com a nova rotação e vazão antiga, respectivamente [m³/s];

H e H₁ – carga obtida com a nova rotação e carga antiga, respectivamente [m];

N e N₁ – nova rotação e rotação antiga [rpm];

P – potência absorvida com a nova rotação [W];

P₁ – potência absorvida nas condições iniciais (Q₁, H₁ e N₁).

4.1 Conservação de Energia em Sistemas de Bombeamento

A preocupação com a redução do consumo de energia em sistemas de bombeamento remete às recentes crises energéticas no Brasil. É motivada também, em escala mundial, seja pela necessidade da contenção de despesas operacionais e/ou pela tão difundida necessidade de redução dos impactos ambientais. A utilização de variadores eletrônicos de velocidade para o acionamento de certos tipos de cargas industriais, dentre elas as bombas centrífugas, pode contribuir para uma redução de aproximadamente 47 [TWh/ano] até 2015 na indústria europeia. No Brasil, as empresas de saneamento têm na energia elétrica o seu mais alto custo operacional. Essa afirmação pode ser facilmente compreendida devido ao fato de que muitas plantas de distribuição de água apresentam perdas por vazamentos, bombas mal dimensionadas, além de enquadramento em estruturas tarifárias menos vantajosas economicamente.

Para ter-se uma ideia do alto consumo de energia elétrica em sistemas de bombeamento, cita-se que o maior consumidor desse insumo no Estado de São Paulo, o mais desenvolvido do país, é exatamente uma empresa de saneamento que abastece grande parte desse estado. Segundo dados da Eletrobrás (2007), mais de 2% do consumo total de energia elétrica do Brasil (aproximadamente 8,3 bilhões de kWh por ano) são consumidos por empresas prestadoras de serviços de abastecimento de água. É importante ressaltar também que o aumento dos custos com energia elétrica dessas empresas geralmente é repassado ao consumidor através da inclusão no reajuste de tarifas de água, ou seja, as empresas certamente não absorvem todo o prejuízo vindo do desperdício de energia. Dentre as possibilidades de redução do consumo de energia em sistemas de bombeamento hidráulico, a efficientização do uso do elemento acionador (no caso o motor elétrico de indução) pode trazer excelentes resultados.

As soluções apontadas como determinantes para a economia de energia nos sistemas de bombeamento são: substituição do motor standard por motor de alto rendimento, adequação da potência do motor à carga e utilização de inversores de frequência para controle de vazão.

A variação da velocidade dos motores em sistemas de bombeamento, para controle de vazão e pressão, representa excelente oportunidade para redução do consumo de energia. A utilização de inversores de frequência em sistemas de bombeamento é viável quando o sistema apresenta condições de operação que necessitem de variação de vazão e pressão nas tubulações. Também quando há a necessidade do controle sobre a rotação, partida e

desligamento do motor, com a finalidade de racionalizar o uso de energia elétrica.

4.2 Estrutura do Sistema de Bombeamento

Os procedimentos práticos foram realizados no Laboratório de Eficiência Energética da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, onde é possível simular diversas condições operativas de cargas comumente utilizadas pela indústria. Neste laboratório consegue-se demonstrar linhas práticas os fenômenos eletromecânicos envolvidos durante a operação de sistemas motrizes e suas influências no consumo de energia elétrica. Todos os equipamentos e instrumentos utilizados nas diversas estações do laboratório são industriais – ou seja, não são equipamentos com fins exclusivamente didáticos, o que poderia comprometer a realidade e aplicabilidade dos estudos. O sistema de acionamento completo é composto por: quadro de medição; e sistemas de automação e medição integrados, capazes de controlar automaticamente a execução, a coleta de dados e a emissão de relatórios.

Para acionar uma das cargas existe a opção pela utilização de um dos dois tipos de motores e um dos três diferentes métodos de partida que, acoplados à carga, possibilitam a visualização de várias formas de controle e operação de equipamentos industriais, sejam eles similares ou de maior porte. A estação de ensaio possui uma bancada que inclui: motores (de alto rendimento e standard), inversor de frequência, soft-starter, módulo de carga, controlador lógico programável (CLP) e os equipamentos de acionamento e proteção tais como contatores, disjuntores, chaves, botoeiras e sinaleiros. Todos os parâmetros elétricos da entrada dos motores são medidos através desta bancada, que ainda armazena o sistema de aquisição dos dados mecânicos.

O equipamento responsável pela medição dos parâmetros elétricos de entrada dos motores é um medidor de energia multifuncional que faz registros dos valores de tensão entre fases, entre fase e neutro, frequência, correntes, potências (ativa, reativa e aparente) e fator de potência. Através do sistema supervisor é possível variar de 0 a 120% a carga nominal do motor elétrico, sendo que este último pode ser o standard ou de alto rendimento, dependendo do acoplamento à carga. Ainda no sistema supervisor, pode ser escolhido o tipo de acionamento desejado, como abaixo.

- sistema de partida direta através de contatores;
- sistema de partida suave via soft-starter;
- sistema de partida eletrônica via inversor de frequência;

Os dois sistemas de partida eletrônicos soft-starter e inversor de frequência, têm seus parâmetros definidos através do sistema supervisor. A estação de simulação do Laboratório de Eficiência Energética utilizada neste trabalho foi a da Bomba Centrífuga. O sistema é composto de uma bomba centrífuga, sendo esta acionada por um motor de indução. A bomba movimenta a água entre dois tanques de acrílico transparente, de 100 litros cada um. A altura geométrica da instalação é de 2 metros. O Laboratório de Eficiência Energética foi fornecido com todas as configurações do sistema supervisor, a elaboração de telas gráficas, e os comandos a serem executados por ele – incluindo todos os parâmetros elétricos e mecânicos de cada estação, com telas específicas para cada elemento constituinte do sistema de medição, acionamento e carga, apresentando em tempo real todas as informações advindas dos sensores de sinais elétricos e mecânicos.

Para cada uma das estações existe uma tela principal no software supervisor, com o desenho esquemático do processo em que cada elemento (válvula, medidores, aciona-

mento etc.) possui um link para abertura das telas de monitoração e configuração correspondentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando o crescente aumento na disseminação de motores elétricos entre a população, a formulação do motor passa a ser considerado um assunto de destaque aos consumidores desse tipo de motor, de tal maneira, a propagação dos vulgos inversores de frequência tem se popularizado no setor de motores elétricos, visto que sua capacidade de controle da velocidade passa a ser um objeto extremamente útil a seus usuários.

Aplicado ao modelo de motores industriais, os inversores de frequência promovem uma redução no gasto de energia elétrica desses motores, dessa forma, os inversores passam a ser uma excelente alternativa no que tange ao setor industrial um melhor controle de vazão em processos de bombeamento, substituindo os controles tradicionais de forma muito mais eficiente.

A crescente onda de crises no setor energético nacional, faz com que a popularização dos inversores de frequência cresça em ritmo exponencial, visto que seu uso nos setores de bombeamento promovem a variação da velocidade dos motores em sistemas para controle de vazão e pressão, representando uma excelente oportunidade para redução do consumo de energia.

O aumento da demanda energética dos próximos anos propõe ao setor de engenharia soluções práticas para sanar eventuais problemas, o estudo passa a ser uma peça para futuras novas pesquisas que visem promover uma maior disseminação e aprofundamento dos temas trabalhados, para que desta maneira o setor acadêmico e a sociedade possam obter lucros.

Referências

- ALMEIDA, A. T.; Technical and Economical considerations on super high-efficiency three-phase motors. **IEEE transactions on industry applications**, v. 50, n. 32, pp 1274 – 1285, 2014.
- ALMEIDA, A. T.; FERREIRA, F. J. T. E.; BOTH, D. - Technical and Economical Considerations in the Application of Variable-Speed Drives with Eletric Motor Systems. **IEEE Transactions on Industry Applications**, vol. 41, p. 188-199, 2005.
- ALSOFYANI, I. M.; IDRIS, N. R. N. A review on sensorless techniques for sustainable reliability and efficient variable frequency drives of induction motors. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, p. 111121, 2013.
- ARANGO, Tania Paola Ledesma. **Avaliação do Impacto de Motores de Indução Trifásicos em Redes de Distribuição de Energia Elétrica e um Proposta de Regulamentação para seu Acesso às Redes de Alte Tensão**. 2009. 111 f. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BRITO, Claudio Marzo Cavalcante de. **Modelagem computacional de Métodos de Partida de um Motor de Indução Trifásico no SIMULINK/MATLAB**. 2007. 10 f. II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica – CEFET-PI/UNEDFloriano, João Pessoa, 2007.
- CORRÊA, Carlos Jesus Anghinoni; DUTRA FILHO, Getúlio Delano. **Comandos de Motores**. 2008. 131 f. - Petróleo Brasileiro S.A., PETROBRAS, Pelotas, 2008.
- DRUMMOND, T. L.. **Uma proposta para proteção térmica do motor de indução trifásico utilizando redes neurais artificiais e sensor de baixo custo**. 54 f. Trabalho de conclusão de curso – Graduação em Engenharia Industrial Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2014.
- ELEROBRÁS/PROCEL. **Eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3 ed. Conservação de energia. Itajubá, 2006.

- EPE, . Balanço energético nacional 2014 – ano base 2013 – relatório final. **Empresa de Pesquisa Energética – Ministério de Minas e Energia**, 2014.
- FERREIRA, F. J. T. E.; ALMEIDA, A. T. Induction motor downsizing as a low-cost strategy to save energy. **Journal of cleaner production**, p. 117131, 2012.
- FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY, C. Jr.; UMANS, S. D. **Máquinas elétricas**. 6 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2006.
- GARCIA, A. G. P. - **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. 2003. 127 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Rio de Janeiro, 2003.
- GOEDEL, A. et al., Speed estimation for induction motor using neural networks method. **Revista IEEE América Latina**, v. 11, p. 768-778, 2013.
- GONGORA, S. et al., Neural Approach to fault detection in three phase induction motors. **IEEE Latin America Transactions**. Pages 1279 – 1288. Vol 14. 2016.
- GRACIOLA, C. L. et al. Neural speed estimator for line-connected induction motor embedded in a digital processor. **Applied Soft Computing**. Pages 616-623. Vol 40. 2016
- KABOLI, S.; ZOLGHADRI, M.; VAHDATI-KHAJEH, E. A fast flux search controller for dtc based induction motor drives. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 54, n. 5, p. 2407–2416, Oct 2007. ISSN 0278-0046.
- KRISHNAN, R. **Electric Motor Drives: Modeling, Analysis, and Control**. 1 ed. New York: Prentice Hall, 2001.
- PROCEL - **Acionamento Eletrônico** – Guia Avançado. Rio de Janeiro, dez, 2004b.
- PROCEL - **Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento**. Rio de Janeiro, p. 36-63, 2005.
- WEG EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS S.A. – **Motores de indução trifásicos**, Jaraguá do Sul, 2009.

11

NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS À AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

*NEW TECHNOLOGIES APPLIED TO INDUSTRIAL
AUTOMATION*

Sérgio de Melo Martins

Resumo

Com os avanços tecnológicos verificados nas indústrias mediante aos processos automação e dinamicidade dessas mudanças, novas tendências tem surgido e se ocupado em modernizar ainda mais tal setor. Este trabalho buscou como objetivo geral compreender como as novas tendências tecnológicas atuam quando utilizadas frente a automação nas indústrias. A metodologia de pesquisa aqui desenvolvida configura-se como uma revisão bibliográfica realizada mediante estudos literários que convergem ao tema aqui abordado, em artigos científicos do Google acadêmico, Scielo. Este trabalho permitiu concluir que as novas tecnologias associadas a automação industrial têm se apresentado como de suma importância enquanto ferramenta essencial no contexto industrial, servindo com dinamicidade, eficiência, consistência, viabilizando processos e reduzindo custos desnecessários no setor.

Palavras-chave: Automação, Inovação Tecnológica, Industria automatizada

Abstract

With the technological advances seen in industries through the automation and dynamicity of these changes, new trends have emerged and are concerned with further modernizing this sector. This work sought as a general objective to understand how new technological trends act when used in front of automation in industries. The research methodology developed here is configured as a bibliographic review carried out through literary studies that converge to the theme discussed here, in scientific articles from Google academic, Scielo. This work allowed us to conclude that the new technologies associated with industrial automation have been shown to be of paramount importance as an essential tool in the industrial context, serving with dynamism, efficiency, consistency, enabling processes and reducing unnecessary costs in the sector.

Keywords: Automation, Technological Innovation, Automated industry



1. INTRODUÇÃO

A sociedade e o mercado industrial estão em permanente crescimento principalmente devido a gama de novas tecnologias, a automação surgiu destacando mecanismos que propiciam o crescimento desse setor. Ao longo desse percurso, é possível verificar o desenvolvimento de conhecimento e avanços tecnológicos, a automação quando aplicada frente às novas tecnologias proporciona trabalhos mais dinâmicos, eficientes e qualificados.

Este tema foi selecionado, pois guarda em si importante aspecto relacionado ao contexto dos avanços tecnológicos causado nas indústrias mediante a automação, essas inovações resultam em grandes mudanças mundiais, pois essas tecnologias estão ligadas diretamente à produção de produtos, serviços e métodos que intercalam todos os domínios da sociedade, de forma que traz grande avanço social que tem impacto monumental no cenário socioeconômico, na produtividade e na economia.

A produção deste material justifica-se mediante ao entendimento da crescente gama tecnológica empregada no setor industrial nas últimas décadas. A automação industrial tem se mostrado eficiente no que tange ao aumento dos níveis operacionais, bem como o desenvolvimento dos negócios e serviços por meio de mecanismos provenientes das inovações tecnológicas.

Para desdobramento desta pesquisa estabeleceu-se como problema: Qual impacto da utilização das novas tecnologias disponíveis no mercado quando aplicadas junto à automação industrial?

Visando responder o supracitado questionamento foi delineado o seguinte objetivo geral: compreender como as novas tendências tecnológicas atuam quando utilizadas frente a automação nas indústrias. E possui como objetivos secundários: apontar as principais tendências tecnológicas na indústria; compreender acerca importância da automação industrial; conhecer os principais benefícios da aplicação de novas tecnologias associadas a automação industrial.

A metodologia desta pesquisa caracteriza-se em revisão bibliográfica de estudos literários referentes ao presente tema a partir de fichamentos dos materiais pesquisados e coletados de artigos científicos do Google Acadêmico e Scielo. Essa busca será realizada utilizando os seguintes descritores: Automação, Inovação Tecnológica, Industria automatizada, em artigos publicados de 2011 a 2021.

Foram inclusos materiais publicados nos últimos 10 anos que contenham informações pertinentes ao tema e ao problema aqui suscitado, disponíveis na íntegra e em língua portuguesa. Não foram inclusos trabalhos com ano de publicação inferior a 2011, assim como também, trabalhos que permeiam por outros temas ou ainda publicados em periódicos não confiáveis, fora do recorte temporal aqui definido e em artigos publicados em periódicos de abrangência latino-americano, espanhol e inglês.

2. TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS NA INDÚSTRIA

A revolução industrial trouxe consigo características muito expressivas, que se constituíram como fundamentais para a revolução subsequente, bem como mudanças no que diz respeito ao estilo de vida e modelos de produção dos países. Com a intensificação da globalização, os avanços tecnológicos, provenientes das revoluções industriais, estabele-

ceu uma relação de interdependência mundial, que se mantém no atual cenário (ALBUQUERQUE, 2019).

Diante de tantos desafios dos processos produtivos, as tendências tecnológicas apresentam comprovada contribuição direcionadas para a redução de despesas de produção, eficácia e respostas rápidas às solicitações do mercado. Favorece também no âmbito da economia globalizada e traz consigo acesso a diferentes produtos, considerando que o consumidor se encontra cada vez mais exigente ao que diz respeito à qualidade e agilidade dos processos (TONIAL, 2013).

A presença da tecnologia se fez presente na sociedade mediante aos avanços e inovações, desde as mais remotas eras já existia algum instrumento tecnológico para aquela época, dentro de suas limitações, com o passar do tempo tem sido mais evidenciada diante da atual tecnologia que temos em mãos, e é inegável que as facilidades trazidas por essas tecnologias já fazem parte do nosso cotidiano e vem contribuindo para a facilitação do modo de vida dos indivíduos (MORAES, CASTRUCCI, 2016).

Portanto, cada revolução industrial trouxe consigo características expressivas, que foram fundamentais para a revolução e novas tendências subsequentemente, bem como mudanças no estilo de vida das pessoas e nos modelos de produção dos países. Nesse momento, o acesso a tecnologias digitais deve-se aos contextos históricos que impulsionaram a Indústria 4.0 disponibilizando à redução de barreiras, permitindo que as organizações coloquem em prática ações inovadoras (SCHMIDT, 2017).

Sobre o prisma do desenvolvimento e tendências tecnológicas, o mercado, sobretudo as empresas, sofrem impactos significativos desde a Primeira Revolução Industrial. Atualmente, no patamar da Quarta Revolução Industrial, as consequências para o mercado como um todo são ainda mais expressivas e impactantes. Atualmente, vive-se na Quarta Revolução Industrial, que é caracterizada por uma fusão de tecnologias que interagem as dimensões física, digital e biológica, que tornam o cenário atual diferente de todos os anteriores (TONIAL, 2013).

A indústria é resultado das diversas alterações que sofreu ao longo da história, como consequência das descobertas e evoluções industriais apontam para as tendências atuais e futuras. Trata-se de uma nova modelagem de máquinas, ferramentas e processos de trabalho tecnológicos ligados à internet e seus sistemas. Tendo como perspectiva o aumento da velocidade, flexibilidade, qualidade, produtividade e processos de produção (MARTINS, 2012).

As novas tendências indicam para o futuro da produtividade e crescimento em indústrias, a partir de pilares tecnológicos como a Internet das Coisas, robôs autônomos, realidade aumentada, simulação, *cybersecurity* e integração horizontal e vertical de sistemas e softwares, entre outros. O mercado encontra-se disponível para se reciclar e propiciar novas experiências principalmente no meio industrial (SOUSA, 2019).

Assim, as novas tendências dos processos tecnológicos contribuem para melhoria nos processos industriais, pois faz uso de várias tecnologias que elencam comunicação e dados, monitoramento preditivo, aprendizado de máquina, otimização de dados, interface avançada. Uma das grandes tendências industriais corresponde a automatização dos sistemas e maquinários que se integram e se comunicam, contribuindo para a dinamicidade (AZEVEDO, 2017).

Para os próximos, as tendências nesse contexto apontam para a continuidade na adoção de tecnologias digitais que habilitem uma indústria cada vez mais inteligente, que embasa a visão de uma produção eficiente e segura. Essa visão é baseada na utilização de

dispositivos inteligentes que se conectam e disponibilizam dados e informações relevantes, máquinas inteligentes, ao ponto de usar estes dados para impulsionar produtividade (ALBUQUERQUE, 2019).

De acordo com o panorama atual vislumbrado é notória uma evolução natural, no quesito tecnologias disponíveis e a aplicação de tais diante das necessidades pessoais e profissionais na nossa sociedade, existe cada vez mais um estreitamento entre humanos e máquinas, para tanto é viável a compreensão de como o desenvolvimento desse mundo digital e suas tendências podem se fazer aplicáveis em setores que se fazem presentes já estabelecidos, como as indústrias, fomentando proveito, ganho de produtividade, eficiência e segurança na automação industrial (GOMES NETO, 2015).

3. IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A essência existente no termo “automação” é direcionada a enfatizar à participação existente na tecnologia, mais precisamente correspondendo aos programas de computador voltados ao controle automático de processos produtivos

A ideia de automação tem sido constantemente utilizada principalmente em setores industriais desde seu início, mas fortemente, aplicada principalmente no quesito de melhoria da produtividade e manutenção da qualidade de processos repetitivos, se fazendo presente no cotidiano das empresas afim de apoiar conceitos de produção. Diante disso, os processos de automação das indústrias contribuem fortemente para o desenvolvimento acerca da própria tecnologia, no que converge ao desenvolvimento de meios e equipamentos que sejam de fato mais eficientes e que suas ações sejam além das forças humanas, aquelas ações impossíveis de serem realizados pela ação humana de forma direta (GOMES NETO, 2015).

Conforme colocação Martins (2012), a automação teve seu desenvolvimento direcionado para serem aplicadas nas mais diversas atividades humanas podendo ser observadas atualmente na rotina de trabalho e lazer da população, a automação é uma realidade e pode ser verificada em diversos locais, nas residências, caixas eletrônicos dos bancos; equipamentos de registros automáticos, sendo assim, tiveram seu desenvolvimento visando facilitar a vida dos indivíduos, promovendo um melhor aprimoramento do tempo, e direcionando para que este seja realizado com eficiência e segurança.

A automação aplica-se, portanto, nos mais diversos locais, cabe suscitar sua importância no setor industrial, que consiste em manipular diversos processos na indústria através de meios mecânicos e automáticos, de modo a substituir ou minimizar o trabalho humano. Assim, o processo de automatização das indústrias tem aumentado de maneira gradativa, propiciando inúmeros ganhos acerca da quantidade e qualidade da produção e de forma simultânea, é capaz de ofertar melhores preços para os consumidores. Seu avanço está relacionado em grande parte, ao avanço recente da microeletrônica, o qual invadiu os setores produtivos das indústrias (ALMEIDA, 2015).

No Brasil, a automação industrial ao longo do seu estabelecimento enfrenta diversos dilemas tecnológicos, organizacionais e sociais. Alguns setores têm buscado soluções prontas, geralmente internacionais. Essas soluções tecnológicas podem ser ultrapassadas e têm sua manutenção e melhorias limitadas pelo fornecedor. Uma parte das empresas adota automações isoladas para os processos individuais (SCHMIDT, 2017).

Ademais, a automação corrobora nas organizações de maneira pertinente, indicando que esse processo veio para ficar e auxiliar nas organizações, esta tecnologia foi criada vi-

sando agilizar e viabilizar projetos procedimentos internos, a automação é um gerador potencial que reflete em diferencial competitivo, uma vez que este proporciona um aumento de produtividade e flexibilidade dos meios produtivos, os quais proporcionam melhora na qualidade do produto, fomentando uniformidade e conformidade diante das especificações, além da redução, tempo de produção e de intervenções humanas, minimizando o número de funcionários e eventuais falhas devido a padronização (MARTINS, 2012).

Há algum tempo, a reação do mercado ao que tange à automação era de desprezo e certa perplexidade, mas atualmente já tem sido observada uma alteração nesse padrão de comportamento e a era automatizada já é tida com bons olhos por grande parte da, já que existe um conhecimento atual acerca dos computadores, robôs e máquinas automatizadas como indispensáveis para o novo estilo de vida da sociedade (GOMES NETO, 2015).

A automação, também mostra-se importante pois também proporciona um aumento ao que tange a utilização da mão de obra feminina, isso devido ao fato das operações consideradas perigosas e que exigem um esforço físico do homem, atualmente também tem sido destinada as mulheres uma vez que estas são capazes de auxiliadas por robôs operacionalizar máquinas abrindo um espaço para que as mulheres possam ser integradas ao ambiente em melhores condições de trabalho (SCHMIDT, 2017).

Assim, a automação industrial configura-se como um marco para o setor produtivo, seu impacto reverberou em muitas mudanças que revolucionaram o setor industrial e atingiu toda a cadeia de consumo, afetando os setores agregados. Portanto, a automação industrial tem se demonstrado muito importante para os setores mais diversos da sociedade provocando melhorias tanto dentro da indústria e setores econômicos como para os consumidores e profissionais (PESSOA, 2013).

4. APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS ASSOCIADAS A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação dos processos produtivos, de maneira ampla, se encontra presente na história desde tempos mais antigos. No decorrer dos anos, houve uma crescente incorporação de máquinas visando a substituição ao trabalho vivo na indústria revolucionando a base técnica da economia capitalista, que representava o que havia de mais avançado no que tange ao desenvolvimento tecnológico (SCHMIDT, 2017).

No contexto do desenvolvimento da automação no século XX, havia um olhar para a constituição da base técnica eletromecânica, se tornando um novo desenvolvimento referente a incorporação de máquinas e processos produtivos. Vale pontuar como exemplo mais representativo de automação nesse período a utilização de máquinas dedicadas para o seguimento da indústria automobilística desde o início deste século, isso favoreceu um salto significativo em termos relacionados a produtividade do trabalho em comparação com os processos de produção até então dominantes (SILVA, 2018).

Automação industrial como já suscitado anteriormente corresponde ao processo em que a indústria tem implantado novas tecnologias voltadas para a produção e manutenção. Essas tecnologias se destinam a substituir tarefas que tinham destino para os humanos unicamente, mas deixando uma margem para o homem ainda atuar na manutenção e operação desse maquinário (GOMES NETO, 2015).

No que diz respeito às novas formas de automação, e a aplicação de tecnologias associadas a nesse processo estas vêm sendo viabilizadas pela microeletrônica mediante a incorporação de microprocessadores à estrutura física dos seus equipamentos. Esse fato



permitiu que ocorresse uma inteligência advinda das máquinas, a chamada inteligência artificial tornando-se possível programá-las e reprogramá-las para diferentes sequências de operações industriais (TONIAL, 2013).

A transição da automação de base eletromecânica para a microeletrônica que está propiciando, em certa medida, um salto qualitativo de um sistema de produção rígido para outro de natureza mais flexível. A revolução digital, que engloba a digitalização da produção, com seus conceitos e ferramentas, começa a oferecer, à medida que sejam feitos investimentos em infraestrutura, maior transparência.

Cabe destacar que atualmente, já é possível ver o uso de tecnologias, como, a robótica e a internet inseridas no contexto industrial. No entanto, a chamada indústria 4.0 ou a quarta revolução industrial se constitui como um conceito que propõe um estado tecnológico ainda em desenvolvimento. É um movimento de transformação mediado pelas novas tecnologias digitais que tem por intuito obter máquinas e sistemas capazes de trocar informações de maneira clara e efetiva (POCHMANN, 2016).

Dessa forma, aplicação de novas tecnologias associadas a automação são capazes de utilizar de suas técnicas e programas a fim de atingir a autonomia nas unidades fabris e controle da produção. Atualmente, as inovações tecnológicas se unem no sistema conhecido como Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0, visto que esta promete um aumento da eficácia operacional, desenvolvimento de grandes negócios e serviços por meio de mecanismos e inovações tecnológicas (SCHMIDT, 2017).

Existe um grupo de ferramentas que são consideradas pilares para atingir a integralização dos sistemas, que se tornam etapas para alcançar o status de processos inteligentes. Ademais, essa associação possibilita uma gama de possibilidades no âmbito industrial, com a aplicação de tecnologias inteligentes a nível fabril capaz de obter completa integração no planejamento e programação de produção, alcança além de aumento de produtividade, economia de recursos e melhor performance competitiva (MORAES, CASTRUCCI, 2016).

Automatizar processos corresponde a economia de tempo, maior produtividade e diminuição de erros nos processos, se mostrando pertinente na realização de inúmeras tarefas repetitivas e/ou perigosas, permitindo inclusive, que o profissional tenha mais tempo livre para se dedicar às tarefas mais estratégicas que necessitam de intelecto humano (AZEVEDO, 2017).

De modo que a Inteligência Artificial vem favorecendo grandes transformações para o mundo do trabalho, tendo em vista que esta possui a capacidade de processar milhares de informações baseando-se em situações ou ordens de comando humano, pois a inteligência artificial configura-se como um dispositivo com inteligência semelhante a do ser humano, apto para realizar inúmeras funções e/ou encontrar soluções para diversos processos (ALBUQUERQUE, 2019).

As máquinas têm se mostrado importantes auxiliando os humanos a ter um melhor desempenho na profissão, pois boa parte das tarefas podem ser automatizadas, e assim o profissional poderá construir uma melhor relação profissional com seus clientes. Por outro lado, os avanços tecnológicos provocam incertezas no futuro do trabalho, no tocante ao papel dos trabalhadores no desenvolvimento de suas atividades laborais, pois com a nova era da inteligência artificial diversas mudanças ocorrerão nos mais diversos setores do mercado, com relevantes impactos na sociedade (COELHO, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto até aqui, pode-se concluir que as novas tecnologias associadas a automação industrial têm se apresentado como de suma importância enquanto ferramenta essencial no mundo atual, os processos encontram-se cada vez mais modernos, autônomos e dinâmicos, isso favorece de modo importante o crescimento a competitividade e ganhos para as indústrias.

Este material refletiu sobre as novas tecnologias aplicadas à automação industrial, visto que o contexto de mundo atual tem solicitado por mudanças em todos os âmbitos, essas novas tecnologias têm se mostrado eficientes no que tange ao aumento dos níveis operacionais, bem como auxiliares no desenvolvimento dos negócios e serviços por meio de mecanismos provenientes das inovações tecnológicas

Ao que tange as principais tendências tecnológicas na indústria, foi possível verificar que são inúmeras as tendências que têm surgido no decorrer do tempo auxiliando a indústria para seu desenvolvido. São inúmeras as tecnologias e tendências que englobam o novo modelo industrial dos últimos tempos, estas tendências se propõem em melhorar a eficiência produtiva, os serviços e a qualidade de vida das pessoas.

Ao que concerne a compreensão acerca da importância da automação industrial, verificou-se que a automação contribui de maneira importante para as organizações, indicando os melhores caminhos diante dos processos organizacionais, agilizando e viabilizando projetos e procedimentos internos. Assim, a automação se configura como um gerador potencial e competitivo, proporcionando aumento de produtividade e flexibilidade dos meios produtivos.

Foi possível ainda conhecer os principais benefícios da aplicação de novas tecnologias associadas a automação industrial, acerca desses, foi possível perceber que tem demonstrado importância quando direcionados para o desenvolvimento e direcionamento de processo constantes presentes nas indústrias de modo a dinamizando o trabalho, permitindo o aumento da produção, de modo mais eficiente e com custo reduzido.

Nesta produção foi possível então constatar que mesmo com todos os benefícios fomentados pela automação industrial, ainda enfrenta dificuldades no seu estabelecimento. Assim, pode-se perceber que o processo de evolução industrial tem se configurado de modo gradativo ligado aos principais processos presentes na sociedade, é de extrema importância diante da difusão dessa área que os profissionais estejam abertos a absorver sobre os novos panoramas e tendências da automação.

As discussões pontuadas neste material, forneceram aparato para melhor compreensão acerca do tema aqui suscitado, despertando um olhar e reflexão crítica sobre a questão, propiciando inferir que as novas tendências da automação industrial fomentam melhora nas condições de trabalho e ganhos para o mercado industrial.

Os dados aqui obtidos podem colaborar com significativamente como suporte para debates futuros, além de acrescentar informações importantes para a sociedade de maneira geral. Este trabalho futuramente ainda pode ganhar novos contornos e colocações sendo alvo de novos caminhos acadêmicos, tendo em vista que a temática aqui suscitada tem caráter contemporâneo e vale ser abordado.

Referências

- ALBUQUERQUE, P.H. Na era das máquinas, o emprego é de quem? Estimação da probabilidade de automação de ocupações no Brasil. **Texto para Discussão**: 2457, IPEA, Rio de Janeiro, p. 5-32, março de 2019.
- ALMEIDA, P. R. O Brasil e a nanotecnologia: rumo à quarta revolução industrial. 2005. **Espaço Acadêmico**, Maringá, a. VI, n. 52, set. 2015..
- AZEVEDO, M. T. **Transformação Digital na Indústria**: Indústria 4.0 e a Rede de Água Inteligente no Brasil. Universidade de São Paulo (Tese de Doutorado). São Paulo. 2017.
- COELHO, H. **Sonho e razão – ao lado do artificial**: reflexões pessoais sobre agentes inteligentes. Lisboa: Círculo de Leitores, 2015.
- HELTI, M.N. **Você, Eu e os Robôs – Pequeno manual do mundo digital**. São Paulo: Atlas, 2017.
- GOMES NETO, I.N. **Proteção do trabalhador em face da automação**. Decisório Trabalhista, Curitiba, 2015.
- GONÇALVES, R.M. **Direito Constitucional do Trabalho**: aspectos controversos da automatização. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2013.
- MARTINS, M. G. **Princípios de Automação Industrial**. São Paulo, 2012.
- MORAES, C. C. de; CASTRUCCI, P. L. **Engenharia de Automação Industrial**. 2.ed. LTC, 2016.
- PESSOA, R.M. **A automação para a concretização do desenvolvimento**. 162f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Direito, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2013.
- POCHMANN, M. **Brasil sem industrialização**: a herança renunciada. Ponta Grossa: UEPG, 2016.
- SCHMIDT, A.L. **Controle de nível de líquido utilizando controlador lógico programável**. 2017. Monografia de Graduação. UFOP, 2017.
- SANTOS. M.S. Automação da produção humana e desemprego estrutural. **Revista Prima Facie**, v. 4, p.135-150, jul./dez., 2014.
- SILVA, E.M. **Automação e Sociedade**: Quarta Revolução Industrial, Um Olhar Para o Brasil. São Paulo: Brasport, 2018.
- SILVEIRA, P.R. **Automação e controle discreto**. 4 ed. Érica. São Paulo, 2014.
- SILVEIRA, P.R, SANTOS, W.E. **Automação e controle discreto**. 4 ed. Érica. São Paulo, 2009.
- SOUSA, R. **Primeira Revolução Industrial**. São Paulo, 2019.
- TONIAL, C. A. M. **As relações de trabalho e a automação industrial**: reflexões sobre os aspectos históricos, econômicos, conceituais e sociais. Rio de Janeiro, 2013.

Engenharia Elétrica



12

OS RISCOS DE UMA SUBESTAÇÃO NÃO PARAMETRIZADA *THE RISKS OF A NON-PARAMETERIZED SUBSTATION*

Marcio Leandro Vieira Santos

Resumo

O objetivo geral da pesquisa foi descrever os principais problemas em uma subestação que não segue as normas. A pesquisa foi feita por meio de uma Revisão de Literatura, que utilizou com base de dados em artigos científicos, dissertações, livros e sites confiáveis. Esse estudo teve como foco os tipos de subestações e os riscos de não serem parametrizadas. Foi importante conhecer os conceitos de subestação de energia elétrica e sua composição com equipamentos usados para controlar, modificar, comandar, distribuir e dirigir o sistema elétrico e o fluxo de energia em um sistema elétrico. É importante destacar que a implementação de medidas para atender às exigências da norma IEC 61850 pode melhorar significativamente a eficiência em subestações. A parametrização de subestações enfrenta novos desafios no aumento da demanda de energia, variabilidade nas fontes de energia e um maior número de insumos, e como tal é necessário um monitoramento mais rigoroso. Diante do exposto, as exigências para que as subestações sigam os devidos parâmetros expressa preocupações em áreas até agora não consideradas necessárias no processo de seu funcionamento.

Palavras-Chave: Subestação. Parametrização. Riscos. Operação das subestações.

Abstract

The general objective of the research was to describe the main problems in a substation that does not follow the standards. The research was done by means of a Literature Review, which used with data base in scientific articles, dissertations, books and reliable websites. This study focused on the types of substations and the risks of not being parameterized. It was important to know the concepts of an electrical power substation and its composition with equipment used to control, modify, command, distribute and direct the electrical system and the flow of energy in an electrical system. Importantly, implementing measures to meet the requirements of the IEC 61850 standard can significantly improve efficiency in substations. The parameterization of substations faces new challenges in increasing power demand, variability in power sources, and a greater number of inputs, and as such stricter monitoring is required. In light of the above, the requirements for substations to follow proper parameters expresses concerns in areas not previously considered necessary in the process of their operation.

Keywords: Substation. Parameterization. Risks. Substation operation.

1. INTRODUÇÃO

Ao se tratar de segurança e avaliação de riscos no âmbito de processos que atuam com sistema elétricos em qualquer trabalho se tornou uma questão importante. A correta gestão de riscos em sistemas eletrônicos de potência, transmissão, geração e consumo de energia elétrica é necessária para todas as empresas que atuam no ramo.

As subestações compõem sistemas de energia que representam elos vitais para a estabilidade e confiabilidade da operação do sistema de energia. Várias abordagens para avaliação e quantificação de risco foram desenvolvidas com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de um processo abrangente de risco probabilístico avaliação dos sistemas de energia. Inicialmente, porém, é essencial investigar a estrutura regulatória na qual se baseia qualquer avaliação de risco.

Este presente trabalho está sendo realizado com o intuito de demonstrar o que acontece quando se tem subestações operando de maneira não regulamentada, quais os riscos que serão gerados com tal operação, como seria a forma ideal de realizar a referida a operação, tudo isso tendo como base a norma brasileira regulamentadora (NBR) 14039, que trata de instalações elétricas de média tensão de 1 kV a 36,2 kV. No que se refere a contribuição para a sociedade, esse estudo se propõe divulgar informações que são essenciais para a melhor compreensão do tema. O estudo traz também conhecimentos importantes para os profissionais que atuam no campo da Engenharia Elétrica, incentivando novas pesquisa e estudo no âmbito das normas e desenvolvimento de subestações.

No processo de avaliação de risco, que são os princípios fundamentais que devem ser seguidos e as metas a serem alcançadas, portanto, a primeira parte deste capítulo revisa a legislação relevante que cobre este bem como às abordagens gerais de avaliação de risco. Nesse contexto, segue a seguida pergunta: qual a importância da correta gestão dos riscos envolvidos nos processos de subestação não parametrizada?

O objetivo geral da pesquisa foi descrever os principais problemas em uma subestação que não segue as normas. Os objetivos específicos são: demonstrar os principais tipos de subestações sem normalização; conhecer as normas e regras de da subestação elétrica regulamentada; e entender a importância da regulamentação para a correta operação das subestações.

Essa pesquisa foi feita por meio de uma Revisão de Literatura, que utilizou com base de dados em artigos científicos, dissertações, livros e sites confiáveis, através do seguinte banco de dados: Scielo e Google Acadêmico, com a contribuição de autores como: De Paula (2015); França, Pohl e Andrade (2021); Gomes (2017); Monteiro e Miranda (2021). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “10”anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “riscos”; “subestação” parâmetros e normatização.

2. OS PRINCIPAIS TIPOS DE SUBESTAÇÕES SEM NORMATIZAÇÃO

A Subestação de Energia Elétrica é uma instalação composta de um conjunto de equipamentos usados para controlar, modificar, comandar, distribuir e dirigir o sistema elétrico e o fluxo de energia em um sistema elétrico (CAMPOS; ESTEVAM, 2020).

Ela tem um ou mais das seguintes funções: Manobrar. O que permite conexão e desconexão de equipamentos elétricos; Transformação. que permite aumentar ou diminuir

dos níveis de tensão de acordo com a operação do sistema elétrico; e Distribuição. Que permite o poder subdivisão de fluxo para atender a diferentes alimentadores (SILVA; FERNANDES, 2019). A subestação da rede na subestação elétrica brasileira utiliza um sistema de transmissão é com níveis de tensão de 230 kV (ANEEL, 2017).

Os sistemas utilizados em subestações são sistemas de nova geração que realizam as funções de proteção, automação, controle e que são projetados com base nos requisitos funcionais das normas, tendo se tornado rapidamente um componente chave do sistema de transmissão de energia (CEMIG, 2022).

As transformações de sistemas analógicos e com fio rígido são substituídas por sistemas digitais automatizados. Os projetos de infraestrutura não são mais estáticos e estão voltados para aceitar novas implantações o mais facilmente possível. As limitadas trocas de dados do passado estão dando lugar à coleta de dados detalhados, relatórios e análises (ENDERLE et al., 2017).

Subestações são o componente central do, onde o sistema de comunicação é integrado. Entretanto, alcançar um sistema de comunicação padrão de subestações que possa operar com os princípios do *plug-and-play* (PnP) não é uma tarefa trivial. Considerando a natureza ciberfísica do equipamento do sistema de energia, a integração requer mais diligência para uma operação segura (SILVA; FERNANDES, 2019).

A demanda de eletricidade está aumentando e esse aumento do consumo deve-se principalmente à melhoria geral das condições de vida da população brasileira. Devido a essa tendência de consumo, as máquinas elétricas começaram a operar em regimes mais duros, muitas vezes com sobrecarga ou desfavoráveis aos equipamentos (PEREIRA et al., 2019).

De acordo com Monteiro e Miranda (2021), essas condições operacionais associadas à maior necessidade de confiabilidade do sistema fizeram com que novos equipamentos e técnicas de monitoramento da instalação fossem estudados e desenvolvidos. A avaliação da confiabilidade das subestações é há muito tempo uma área da literatura.

Conforme França, Pohl e Andrade (2021) uma subestação elétrica é uma estação subsidiária de um sistema de geração, transmissão e distribuição de eletricidade onde a tensão é transformada de alta para baixa ou o inverso, utilizando transformadores. A energia elétrica pode fluir através de várias subestações entre a usina geradora e o consumidor, e pode ser alterada em tensão em várias etapas.

Uma subestação que tenha um transformador escalonado aumenta a tensão enquanto diminui a corrente, enquanto um transformador escalonado diminui a tensão enquanto aumenta a corrente para distribuição doméstica e comercial. A palavra subestação vem dos dias antes de o sistema de distribuição se tornar uma rede (DE OLIVEIRA; JESUS; YOKOGAWA, 2017).

Mais especificamente, as paradas que vêm de subestações foram avaliadas considerando a confiabilidade da rede para determinar a transmissão/geração de confiabilidade, efeitos de configuração da subestação, bem como o efeito do sistema de proteção sobre a confiabilidade (GOMES, 2017). Esses tendem a não se concentrar na classificação crítica das subestações, mas no impacto das interrupções e/ou configurações da subestação sobre a confiabilidade composta do sistema de energia (MACHADO, 2017).

Em geral, todas estas são em estado estável análise da confiabilidade que utiliza modelos Markov, numeração de estados, simulação de Monte Carlo etc. Mais recentemente, a criticidade da subestação como um nó no sistema foi examinada usando um modelo para análise em estado estacionário e simulações de estabilidade transitória para instabilidade do gerador, mais adiante, considerando os conjuntos de incerteza de carga, pode-se utili-

zar uma abordagem de centralidade de rede desde a teoria gráfica até subestações com base na estrutura da rede e estudou uma rede interdependente de comunicação e poder usando a teoria dos gráficos para encontrar pontos críticos sob um modelo em cascata (FARIA; BARBOSA JR., 2012).

Estes são mais altos modelos de nível que ignoram aspectos do sistema de energia, a fim de focar mais na topologia do sistema. A literatura sobre a criação de diferentes tipos de modelos é vasta, e para uma extensa revisão dos modelos (KFOURI JÚNIOR, 2018). De Paula (2015) explica que para escolher um tipo de subestação em determinada instalação, é importante destacar aspectos ligados a fatores técnicos e econômicos.

Isso ocorre de acordo com a estrutura arquitetônica da edificação, sua potência, como essa subestação será abrigada e em que tempo será instalada. Deve ser analisada se a subestação fará parte da estrutura de instalação, devendo também conhecer as suas características para determinar quais componentes serão utilizados, caso seja materiais isolantes ou a seco (KFOURI JÚNIOR, 2018).

De acordo com Schulze (2018), subestações de energia elétrica são de grande importância para uma rede elétrica, pois qualquer interrupção em seus componentes pode produzir problemas extensos através da rede e resultar em falha de energia em uma grande área.

No cálculo de fluxo de carga, para uma análise precisa e confiável do fluxo de carga no panorama energético em mudança, um Sistema de Gerenciamento de Distribuição (DMS) é essencial para a otimização das operações da subestação (AZIZ, 2015). Assim, é importante o desenvolvimento de ferramentas que atendam às necessidades evolutivas dos fornecedores de energia e vem equipada com recursos do DMS (DELGADO, 2012).

O conhecimento para pelo fornecimento de dados sobre pontos pré-definidos na rede onde não há medição disponível, e estes dados podem então ser transferidos para o SCADA de despacho, se necessário. As informações adicionais coletadas pelo sistema permitem que o gerente da subestação incorpore sugestões baseadas em máquinas nos processos da subestação (ENDERLE et al., 2017).

Assim, a avaliação da vulnerabilidade das subestações de energia e o planejamento para reduzir suas essas vulnerabilidades é essencial. O nível de segurança de um local de trabalho deve ser proporcional ao nível de risco. O método compreende as seguintes etapas obrigatórias: a definição do sistema a ser analisado (local de trabalho); a identificação dos fatores de risco a partir do sistema; avaliação dos riscos de lesões e doenças ocupacionais; priorização dos riscos e prioridades de prevenção; e a proposta de medidas de prevenção (ENERGISA, 2018).

Com relação as configurações das subestações, são constituídas de barramentos que atuam como pontos de convergência de circuitos com as linhas de transmissão, isto é, tem a função de cuidar da conexão de energia por meio das linhas de transmissão pelo circuito da subestação. Os arranjos de barramentos mais comuns são: simples, duplo com disjuntor duplo, principal e de transferência, duplo com disjuntor simples, em anel ou disjuntor e meio (WAGNER, 2022).

Quanto uma subestação não é regulamentada, deve conhecer os fatores de risco (executor, ambiente de trabalho, carga de trabalho, meios de produção); as possíveis consequências da ação dos fatores de risco e a gravidade e probabilidade de consequências (MAIA, 2016).

O nível de risco global (RG) por local de trabalho deve ser calculado como uma média ponderada dos níveis de risco estabelecido para os fatores de risco identificados. Para que o resultado obtido reflita de forma tão precisa quanto possível a realidade, a classificação

do fator de risco, que é igual ao nível de risco, deve ser usada como um elemento de ponderação (DE OLIVEIRA; JESUS; YOKOGAWA, 2017).

Desta forma, o fator de risco mais elevado será também o mais alto da classificação. Assim, ele é eliminou a possibilidade de o efeito de compensação cruzada, envolvido por qualquer média estatística, para mascarar a presença do fator de maior risco (SILVA; FERNANDES, 2019).

Para Monteiro e Miranda (2021), uma visão geral das diferentes metodologias existentes para um controle otimizado em uma subestação de energia inteligente (SEI) tem como característica mostrar várias abordagens para o controle otimizado e para melhorar a estabilidade transitória da rede, considerando as variáveis elétricas como frequência e tensão.

Isso assegura que as normas sejam aplicadas na subestação, que visam unificar a geração, transmissão e distribuição de energia para melhorar a estabilidade de todo o sistema na região, o que não ocorre em uma subestação não parametrizada (RODRIGUES, 2017).

O monitoramento de subestações elétricas é necessário para detectar falhas e tratá-las, porque, se deixadas desacompanhadas, pode levar a problemas elétricos e causar consequências a longo prazo. Esses problemas não só causam perdas de energia, mas também levam a interrupções elétricas e perdas em custos equipamentos, além de ferimentos e acidentes com fogo (SCHULZE, 2018).

Segundo Pereira et al. (2019), o monitoramento das subestações e seu equipamento é importante para garantir a segurança, proteção, e estabilidade na rede de energia elétrica. Em redes de energia elétrica, há muitas maneiras para localizar falhas, mas engenharia e técnica têm que fazer um esforço manual para inspecionar equipamentos para detectar falhas e identificá-las nas subestações.

Subestações elétricas são projetadas e testadas para reduzir desastres e perdas econômicas em equipamentos importantes nas estações. Os parâmetros monitorados incluem tensão, corrente, potência, frequência, fator de potência, potência ativa, potência reativa, temperatura e umidade. Um sistema proposto para monitoramento e controle de subestações baseadas em normas atua para reduzir os riscos. Portanto, é importante que as subestações estejam dentro das normas, com parâmetros que possibilitem seu correto funcionamento (ANEEL, 2017).

3. PADRÕES IDEAIS PARA O FUNCIONAMENTO DE SUBESTAÇÕES

O projeto da subestação é um processo muito complexo que envolve muitos engenheiros profissionais em muitas áreas diferentes. Entretanto, há sempre poucas pessoas que lideram todo o processo de projeto, tanto do ponto de vista técnico quanto econômico. A seleção do tipo de subestação influencia diretamente em seu desenvolvimento, que depende de um projeto detalhado da subestação e regulamentado para seu funcionamento (CEMIG, 2022).

Muitas nações têm suas próprias regras de segurança e, por causa de sua importância e legalidade, utilizam três partes de componentes da subestação que são definidas como se segue: Sistema Primário, Secundário e Auxiliar. Giacomini et al. (2012) destacam que esses são os três sistemas básicos de subestação: Sistema Primário: O sistema primário compreende todos os equipamentos que, no todo ou em parte, estão em serviço na mais alta tensão operacional do sistema.

Sistema Secundário: o sistema secundário compreende todos os equipamentos que são usados para o controle (local e remoto), proteção, automação de monitoramento e medição do sistema primário e Sistema auxiliar: os sistemas auxiliares são aqueles que são necessários para habilitar o sistema primário. e equipamentos secundários para operar (MACHADO, 2017).

Devido ao uso de equipamentos avançados e confiáveis, a fiação principal da subestação de 110kv em muitos casos é relativamente simples. Além do transformador principal, o equipamento elétrico 110KV é principalmente sob a forma de layout interno (PEREIRA et al., 2021).

O transformador principal é o equipamento de comutação com capacidade de 40MVA, que é o equipamento sem óleo e a subestação desacompanhada. Estas subestações têm uma pequena área do piso, com alto grau de automação, pequena carga de trabalho de manutenção diária e alta confiabilidade segura (KFOURI JÚNIOR, 2018).

O projeto da fiação principal elétrica é o corpo principal do projeto da subestação, que está intimamente relacionado com os dados originais do sistema de energia e os requisitos de confiabilidade e economia da operação de subestação. A determinação da fiação principal terá um impacto direto sobre a segurança, estabilidade, flexibilidade e operação econômica do sistema de energia, bem como a seleção de equipamento na subestação e a disposição do equipamento de distribuição (AZIZ, 2015).

Para estar alinhada a parametrização, a fiação deve analisar de forma abrangente os fatores de influência relevantes sob a condição de potência e subestação transformadora, lidar corretamente com a relação entre eles e escolher o sistema de modo de conexão principal razoavelmente através de comparação técnica e econômica (RUBACK; DA COSTA, 2018).

A implementação de medidas para atender às exigências da norma IEC 61850 da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) pode melhorar significativamente a eficiência em subestações. A IEC 61850 promove a interoperabilidade, enquanto as normas anteriores tinham limitações notáveis. Aqui, eu gostaria de explicar por que o mundo da energia precisava de uma nova norma e como você pode introduzir a conformidade com zenon (PEREIRA et al., 2021).

Conforme Silva e Fernandes (2019), a IEC 61850 tem sido aceita globalmente e com sucesso desde os anos 2000. Nos anos 90, os sinais das subestações foram levados por fios a outros instrumentos em um processo muito mais caro e trabalhoso envolvendo a colocação de centenas de metros de fios de cobre.

A necessidade de padronização da transmissão de sinais para comutadores foi reconhecida e o IEC começou a estabelecer protocolos baseados na funcionalidade da subestação. As iterações anteriores das normas de comunicação da subestação incluíram a IEC 60870-5-101, 102 e 103, sendo que cada uma delas se aplicava a diferentes processos dentro de uma subestação (GIACOMINI et al., 2012).

A região anglo-americana então se baseou nisso para produzir o protocolo DNP3. Esses processos eram utilizados tanto remota como localmente em subestações até o desenvolvimento de redes Ethernet. IEC 60870 e DNP3 foram ambos transferidos para trabalhar com sistemas Ethernet, mas ainda existiam limitações (MAIA, 2016).

Wagner (2022) explica que as normas focavam apenas a comunicação e os sinais eram abordados numericamente, o que significava que, embora a atribuição do tipo de dados fosse possível, determinar o objetivo da transmissão não era. Como resultado, os operadores tinham que confiar em sistemas individuais para traduzir os números de endereça-

mento e entender os sinais correspondentes, enfatizando a necessidade de facilidade de reconhecimento em sinais e números de endereçamento autoexplicativos.

Assim, se faz necessário estabelecer um novo padrão. Essas questões destacaram a necessidade de um padrão mais claro, que pudesse oferecer mais transparência na transmissão de sinais e flexibilidade no projeto de arquitetura. O IEC 61850 foi concebido para tratar disso, dando maior visibilidade dos sinais para uma maior eficiência e uma gestão mais simples (GOMES, 2017).

Outro dos principais objetivos da IEC 61850 é facilitar uma abordagem de fornecedor aberto - onde dispositivos e equipamentos inteligentes de diferentes fabricantes e fornecedores podem ser usados dentro do mesmo sistema. Quando operadores e engenheiros estão projetando funções de subestação, elas não são mais limitadas pelo fabricante ou tipo de dispositivo, pois a linguagem e a modelagem geralmente aceitas permitem que a solução seja integrada com qualquer hardware e dispositivo compatível. Isto dá aos operadores mais liberdade para criar uma arquitetura adequada para sua aplicação (CAMPOS; ESTEVAM, 2020).

Mas para tanto, é necessário o apoio à implementação bem-sucedida. A IEC 61850 apresentou um processo mais complexo para os engenheiros, com conformidade que requer um projeto e planejamento mais minuciosos de proteção, automação e funcionalidade de controle (AFC) de todos os equipamentos e instrumentação (DELGADO, 2012).

Esse projeto e planejamento de AFC deve então ser aplicado à infraestrutura geral e posteriormente validado sistematicamente. Ao lado desta etapa de planejamento, para proporcionar a interoperabilidade de um sistema de fornecedor aberto e garantir interfaces de configuração apropriadas, algumas modificações de processo são frequentemente exigidas pelos fabricantes (SCHULZE, 2018).

Entretanto, isso pode ser um desafio para as operações que implementam novas normas em conformidade com a IEC 61850 e digitalizam seus processos, mas os benefícios em eficiência e interoperabilidade significam que o processo vale a pena a longo prazo, sendo responsável por seu sucesso global nas últimas décadas.

A tecnologia tem contribuído para que os projetos de subestações se adequem cada vez mais aos padrões nacionais e internacionais. A aplicação de um software de gerenciamento de energia, como por exemplo, a plataforma de software zenon da COPA-DATA oferece uma solução integrada única para os desafios de implementação (ENDERLE et al., 2017).

Como plataforma de software de automação, ela pode melhorar a operação da subestação e a instalação do PAC, melhorando a segurança e a eficiência geral tanto remota quanto localmente. Com o IEC 61850 já incluído para o roteamento eficaz de sinais e uma plataforma totalmente escalável, o zenon pode ser usado em aplicações de subestação em todos os níveis com facilidade (DE OLIVEIRA; JESUS; YOKOGAWA, 2017).

Para Machado (2017), isso torna o software de acompanhamento ideal para sistemas em conformidade com a norma IEC 61850. A introdução do IEC 61850 pode ser logística e operacionalmente assustadora, mas com uma solução integrada projetada para torná-lo o mais fácil possível, atender aos novos padrões pode ser mais simples do que nunca.

O nível de tensão das subestações que, de acordo com Rodrigues (2017), são classificados da seguinte forma: média tensão entre 1 kV e 34,5 kV; alta tensão entre 34,5 kV e 230 kV, e acima de 230 kV extra alta tensão. Nesse sentido, as subestações em sua maioria são atendidas por concessionárias de energia elétrica, que trabalham com o nível de tensão de até 34,5 kV, portanto, são classificadas como subestações consumidoras.

Destaca-se que a NBR n. 5410 tem grande cobertura quanto as instalações elétricas, no entanto, não regem todo e qualquer tipo de instalação, portanto, a regra é que uma instalação elétrica em média tensão, também seja regida por norma específica, que no caso, se trata da norma NBR 14039 (ABNT, 2005).

Segundo Faria e Barbosa Jr. (2012), a NBR 14039 tem como objetivo garantir a segurança dos usuários e da manutenção do funcionamento dos serviços elétricos e os itens nela tem a função de nortear os projetos que serão executados com sistemas de média tensão.

No processo de avaliação de risco, que são os princípios fundamentais que devem ser seguidos e as metas a serem alcançadas, portanto, a primeira parte deste capítulo revisa a legislação relevante que cobre este bem como às abordagens gerais de avaliação de risco (ANEEL, 2017).

Levando em vista a NBR 14039, a NBR 5462 e a NBR 5459 como referência para toda a fundamentação, para que assim se possa compreender baseados nas normas o que são subestações operantes em regimes irregulares, o que são elas operando em regimes ideias e quais consequências serão geradas pela operação de forma não parametrizada (ABNT, 2005).

Segundo o Item 5.1.1.2 da NBR 14039 as partes vivas de uma subestação devem apresentar barreiras ou invólucros para se impedir qualquer tipo de contato, algo que em muitos casos não acontece, levando o risco ao operador responsável pelo manuseio da subestação (WAGNER, 2022).

Outro erro bastante crítico e que colabora para tal situação é a não realização da manutenção preventiva, conforme a NBR 5462 item 2.8.7, manutenção preventiva é: “manutenção efetuada em intervalos pré-determinados ou de acordos com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”; se essa pequena parte fosse cumprida a vigor muitos problemas seriam corrigidos, entre eles a falta de barreiras entre as partes vivas (PEREIRA et al., 2019).

Outrossim, a operação ideal deveria ocorrer com base em toda NBR 14039, com os barramentos adequados, com o aterramento adequado, mas, muitas operam de “qualquer forma”, sem a devida manutenção como citado no parágrafo acima, é como consequência, pode gerar fuga de corrente, fator de potência inadequado aos níveis aceitáveis, como também pode trazer risco a saúde e a segurança do trabalho do respectivo empregado designado para realizar tarefas na subestação (FRANÇA; POHL; ANDRADE, 2021).

Com o estudo, nota-se que para sistemas de proteção e controle e melhor funcionamento das subestações, as mesmas necessitam estar dentro dos padrões para oferecer serviços que atendam às necessidades de verificação e avaliação de sistemas e testes de interoperabilidade neste processo de modernização (GIACOMINI et al., 2012).

4. A IMPORTÂNCIA DA REGULAMENTAÇÃO PARA A CORRETA OPERAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

A diversificação na geração de energia global tem colocado novos desafios aos operadores de subestações. A coleta e o uso efetivo de dados são valiosas para o monitoramento e controle, e dados precisos do fluxo de carga são fundamentais no apoio às operações da rede (RUBACK; DA COSTA, 2018).

Desde 2020, quase 38% da energia da Europa vem de fontes renováveis, como ener-

gia eólica, hidroelétrica, biomassa e solar. Operar e monitorar uma subestação não é tarefa fácil, especialmente porque o mix global de energia continua a se diversificar para atender às metas climáticas e a gama de diferentes fontes de energia continua a crescer (KFOURI JÚNIOR, 2018).

Os operadores de subestações enfrentam novos desafios no aumento da demanda de energia, variabilidade nas fontes de energia e um maior número de insumos, e como tal é necessário um monitoramento mais rigoroso. Uma parte disto é a análise do fluxo de carga - uma análise numérica do fluxo de energia em sistemas interconectados. Os dados sobre o fluxo de carga oferecem informações-chave em tempo real sobre o estado da rede que podem apoiar a expansão e a tomada de decisões (SILVA; FERNANDES, 2019).

No âmbito das subestações, a expansão de fontes de energia mais diversificadas e voláteis torna a gestão da rede mais complexa e menos previsível, portanto, precisam gerenciar dentro das normas vigentes. As subestações e os ativos importantes e complicados que elas contêm, exigem monitoramento constante e eficaz e análise do fluxo de energia para garantir o desempenho e protegê-las contra esta imprevisibilidade (AZIZ, 2015).

De Paula (2015) ensina que é fundamental ser capaz de detectar e ler dados de fluxo para remover energia para os ativos no caso de surtos nocivos, mas nem todas as medições anômalas indicam uma falha. A parametrização de relés de proteção para evitar danos a ativos valiosos e também evitar estes falsos positivos de leituras imprevisíveis pode ser um ato de equilíbrio difícil, mas alcançá-lo com precisão pode melhorar a disponibilidade.

Trabalhar de forma regulamentada, contribui para que a prevenção de reações em cadeia seja bem-sucedida. A utilização de cálculos de fluxo de carga é uma maneira eficaz de superar estes desafios. Um cálculo de fluxo de carga toma medidas de dados de todas as entradas e saídas da subestação e calcula a distribuição da energia ativa e reativa, considerando parâmetros elétricos como a resistência.

Ele também pode dar informações sobre caminhos não medidos e os efeitos potenciais das ações de comutação. Isso pode ajudar a prevenir reações em cadeia no caso de sobrecargas na fronteira. No nível da rede, isto dá uma visão geral da distribuição da carga em toda a rede e informa sobre eventos que podem ocorrer ou mudanças ou interrupções potenciais na rede (ENERGISA, 2018).

Conforme Silva e Fernandes (2019), no nível da subestação, isso é útil para áreas onde não há medição de dados disponíveis, pois atua como um gêmeo digital armazenando dados sobre todos os fluxos de energia na subestação.

Com o aumento significativo dos dados transmitidos a um sistema central de supervisão de despacho e aquisição de dados (SCADA) devido a fontes de energia mais novas e variadas e ao monitoramento do baixo nível de tensão, o volume de dados pode ser muito alto para ser processado centralmente e, portanto, um pré-cálculo descentralizado do fluxo de carga pode ser benéfico (CAMPOS; ESTEVAM, 2020).

Os dados obtidos podem ajudar operadores e engenheiros a executar uma rede mais segura e eficiente, pois pode prever condições potenciais de sobrecarga que podem ser resolvidas em seguida. Ele também permite uma melhor visualização de toda a rede ou subestação, uma vez que linhas não-medidas que normalmente seriam “pontos cegos” podem ser definidas como pontos de medição, dando a um operador uma melhor consciência situacional (ANEEL, 2017).

Os procedimentos de segurança formulados para atender às exigências delineadas nas normas regulamentadoras e em outras normas vão muito além para tornar as subestações mais seguras contra perigos e gatilhos conhecidos. Considerando o fato de que

toda a premissa está repleta de potenciais perigos elétricos e químicos, mesmo a menor negligência pode se revelar prejudicial (ENDERLE et al., 2017).

De acordo com Rodrigues (2017), a análise cuidadosa dos fatores de risco gerais e específicos do local é uma necessidade para elaborar uma rotina de segurança abrangente. Isso feito, o treinamento e a comunicação regulares são cruciais para garantir que as normas de segurança sejam seguidas sem nenhum deslize.

Nesse cenário, Schulze (2018) recomenda melhores práticas para a segurança da subestação. Enquanto a maioria das práticas de segurança se originam do senso comum e do aprendizado prático, algumas áreas problemáticas em potencial podem faltar à atenção.

Por isso é importante conhecer medidas de segurança que podem minimizar as ameaças à segurança de alto risco comumente encontradas em subestações. Conforme Monteiro e Miranda (2021), a proteção da área do perímetro, pode minimizar as ameaças de segurança do ambiente externo é uma preocupação chave que precisa de atenção.

A instalação de cercas metálicas ou não metálicas ao longo do perímetro é destinada a evitar incidentes de invasão de propriedade, escamação deliberada, incursões de animais perdidos nas instalações e, mais importante ainda, a entrada de crianças na área. Lavagens e danos estruturais aos recintos exigem atenção imediata. Recomenda-se o uso de sinais de advertência apropriados na vedação (DELGADO, 2012).

Assim, exige-se que os cercados tenham sete pés ou mais de altura, e permite o uso tanto do material da cerca quanto de fios de arame farpado (três ou mais) para atingir essa altura. Também enfatiza a necessidade de vedações temporárias robustas, caso as estruturas permanentes necessitem de extensões ou reparos (PEREIRA et al., 2021).

Também tem a questão de monitoramento/guia do tráfego de veículos. É importante monitorar e orientar os veículos que entram em uma subestação para garantir que haja espaço suficiente entre objetos no teto do veículo e as linhas aéreas e equipamentos elevados dentro da subestação (RUBACK; DA COSTA, 2018).

Os motoristas de veículos também devem assegurar proativamente uma navegação segura. Da mesma forma, as operações dos equipamentos móveis de elevação e guindastes também precisam ser supervisionadas e controladas pelo pessoal da subestação (MAIA, 2016).

Machado (2017), ensina que a proibição de armazenamento de equipamentos nas subestações também tende a dobrar e outros materiais que encontram uso no ambiente, levando a pelo menos um par de riscos injustificados. Não só aumenta a queda dos pés na área à medida que os materiais entram e saem das instalações, mas também atrai os ladrões em busca de componentes/equipamentos elétricos caros.

Nem todos que entram na subestação em tais casos estão plenamente conscientes dos perigos a que estão expostos e dos acidentes que podem acidentalmente desencadear. A proibição do armazenamento de equipamentos em subestações pode evitar acidentes indevidos (GOMES, 2017).

Faria e Barbosa Jr. (2012) abordam sobre as salas de armazenamento de baterias, pois também são conhecidas como as fontes de riscos químicos e são mais seguras com acesso autorizado. Embora seja importante garantir que as áreas de armazenamento estejam bem ventiladas, a manutenção regular ajuda a detectar unidades que necessitam de substituição, recarga ou tratamento de vazamentos de gás, cáusticos ou ácidos comuns em baterias.

O uso de EPIs, incluindo EPIs com arco voltaico, é obrigatório quando se trabalha em

uma subestação. Roupas retardantes de chamas e de arco, luvas, óculos de segurança, protetores, máscaras faciais, chapéus duros e sapatos de ponta de aço devem ser parte integrante da coleção de EPIs disponibilizados aos trabalhadores (KFOURI JÚNIOR, 2018).

A infraestrutura, por outro lado, deve abrigar detectores de gás, andaimes e equipamentos de resgate para garantir a segurança dos ocupantes. Nesse contexto, o treinamento é uma das práticas de segurança mais importantes, sem a qual todas as outras medidas de segurança permanecem ineficazes (DE OLIVEIRA; JESUS; YOKOGAWA, 2017).

De acordo com De Paula (2015), o treinamento de segurança deve garantir que o pessoal da subestação: entender as ameaças à segurança que abundam no ambiente de trabalho; apreciar a importância dos EPIs, usar e manter cada peça de maneira adequada; saber como cada equipamento funciona, quais peças são energizadas e quais tensões, requisitos de liberação, riscos envolvidos e níveis de proteção são necessários para trabalhar com o equipamento.

Conforme ENERGISA (2018), é essencial ser cauteloso mesmo quando estiver em torno de equipamentos sem energia, conduzir inspeções de rotina para garantir que a área e o equipamento estejam seguros para uso antes de cada tarefa; manter a liberação prescrita de cada tipo de equipamento, e lidar com operações remotamente se a opção estiver disponível; usar roupas e equipamentos de proteção adequados, conforme justificado pela gravidade do risco envolvido em cada tarefa.

Outro ponto destacado por CEMIG (2022) é a instalação de equipamentos de segurança. Apesar das melhores precauções e práticas, há sempre uma possibilidade de quebra de segurança. A instalação de equipamentos de segurança como câmeras e sensores de movimento em pontos vantajosos não só ajuda a impedir ou impedir o acesso não autorizado e arrombamentos, mas também rastreia o movimento de pessoal e equipamentos para garantir operações e manutenção seguras. Também compensa manter os potenciais zonas de alto risco bem iluminadas.

Com as práticas de segurança em vigor e o treinamento realizado, é responsabilidade de cada trabalhador aderir estritamente às normas de segurança para primeiro se proteger e manter um cuidado também para com seus colegas de trabalho (AZIZ, 2015).

As práticas de segurança, entretanto, precisarão ser revistas e refinadas regularmente não apenas para melhorar sua eficácia, mas também sempre que houver uma mudança na infraestrutura ou nas condições operacionais (ANEEL, 2017).

Quanto a restrição ou proibição de acesso de visitantes, as subestações não se destinam a apoiar o tráfego de visitantes. É possível prevenir ou reduzir a possibilidade de acidentes, restringindo ou proibindo totalmente a entrada de visitantes no local. Em circunstâncias inevitáveis, visitantes acompanhados por pessoal experiente podem ter acesso, mas com as devidas precauções de segurança e Equipamentos de Proteção Individual (EPI) (CAMPOS; ESTEVAM, 2020).

A parametrização centralizada também reduz a carga de trabalho de despacho centralizado e melhora a eficiência geral. Com a regulamentação em vigor, o mix de energia só continuará a diversificar (GIACOMINI et al., 2012). Gerenciar operações de rede e subestação em um cenário energético cada vez mais complexo com fontes variadas é um desafio, mas escolher as soluções de software certas pode garantir que os fornecedores de energia estejam preparados para o futuro de suas operações (FRANÇA; POHL; ANDRADE, 2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O referido estudo teve como tema “Os riscos de uma subestação não parametrizada”. Sabe-se que para o bom funcionamento de subestações, é essencial que estas estejam dentro dos padrões e normas adequadas. Apresentando principalmente o processo de operação da subestação e introduz a razão e a influência do consumo de energia elétrica.

A profunda evolução tecnológica do setor elétrico está fortemente ligada à dinâmica da inovação. Simultaneamente, reconhece-se que todo o processo de inovação é condicionado pela regulamentação do setor de transmissão, a fim de apresentar indicações claras para promover investimentos públicos e privados.

A função energética, a classificação e a aplicação do equipamento da subestação foram brevemente introduzidas. A aplicação de monitoramento dos equipamentos de energia na subestação é formada através da análise do método de coleta de dados de consumo de energia, base de cálculo e método de análise do consumo de energia.

Também foi possível estudar os principais tipos de subestações sem normatização. A subestação de energia proporciona bons benefícios sociais, ambientais e econômicos para os projetos de engenharia que tenham como foco que a segurança do consumo de energia seja garantida, o que tem um certo impacto negativo sobre a estabilidade do fornecimento de energia.

As aprovações para novas subestações ou mesmo expansões de instalações existentes podem ser submetidas a uma extensa revisão para aceitação da comunidade e compatibilidade ambiental. Uma variedade de licenças é frequentemente exigida pelos órgãos governamentais antes que a construção de uma subestação possa começar.

Ao exigir que se siga parâmetros e normas, expressa-se preocupações em áreas até agora não consideradas necessárias no processo de seu funcionamento. Em alguns casos, os terrenos adquiridos para subestações anos antes da construção são considerados impossíveis de serem construídos de acordo com as expectativas e exigências atuais (RODRIGUES, 2017).

Referências

- ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Subestação de transmissão. Brasília. Retrieved in 2018. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5462**: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 14039: 2005. **Instalações elétricas de média tensão de 1,0kV a 36,2 kV**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- AZIZ, Murilo Fonseca. **Projeto de subestações elétricas do tipo eletrocentro**. 60f. Universidade Estadual Paulista. Câmpus Experimental de Sorocaba, Sorocaba, 2015.
- CAMPOS, Luís Filipe Gonçalves de. ESTEVAM, Giuliano Pierre. A atuação das subestações no Sistema Elétrico de Potência. **Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO**. Vol. 9. n. 1, 2020.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais Norma de Distribuição. **Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão**. Rede de Distribuição Aérea ou Subterrânea Belo Horizonte - Minas Gerais – Brasil, 2022.
- DELGADO, J.D.B, **Gestão da qualidade total aplicada ao sector do fornecimento da energia eléctrica**. Dissertação de Doutorado, Universidade de Coimbra. Setembro de 2012.
- DE OLIVEIRA, Thiago. JESUS, Mayron Breda de. YOKOGAWA, Renan. **Análise do desempenho de uma subestação isolada a gás em comparação a uma subestação convencional**. 127 f. Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

- DE PAULA, Patrícia Lins. **Subestação**: riscos e cuidado. Universo Lambda. Editoria: Energia Elétrica. 2015.
- ENDERLE, Taciana Paula, et al. **Análise da qualidade da comunicação de um sistema de monitoramento de subestações subterrâneas de energia elétrica a partir do uso da rede GSM/GPRS**. XXII Jornada de Pesquisa, UNIJUÍ, 2017.
- ENERGISA. **Critérios para Elaboração de Projetos de Subestações Tipo Metropolitana**. ENERGISA/C-GTC-D-NRM/Nº080/2018.
- FARIA, C. A. D. BARBOSA JR., E. O. **Parametrização de um sistema de proteção digital em uma subestação elétrica típica de média tensão**. Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Taubaté, Taubaté 2012.
- FRANÇA, Henrique Luiz. POHL, Matheus Ramthun. ANDRADE, Solange Alves Costa. **Readequação do projeto de uma subestação de 4,75 MVA para atender as normativas N-321.0002 E NR10**. Joinville – SC, junho de 2021.
- FRANÇA, Renato de Carvalho. **Projeto de Modernização de Subestação Consumidora**. 93 p. Departamento de Engenharia Elétrica, 2012.
- GIACOMINI, Julian; et al. **Monitoramento de uma Subestação subterrânea de distribuição de energia elétrica utilizando uma rede de sensores inteligentes híbrida e PLC (Power Line Communication)**. Congresso Brasileiro de Automática, Campina Grande-PB, 2012.
- GOMES, Marcelo Coelho. **Análise preventiva de riscos de acidente do trabalho em subestações elétricas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.
- KFOURI JÚNIOR, Eraldo. **Dimensionamento de um sistema de aterramento para uma subestação abaixadora de tensão em uma edificação comercial**. 82p. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.
- MACHADO, Rodrigo. **Projeto de ampliação da subestação do IFBA**: Campus de Paulo Afonso. 69f. Instituto Federal da Bahia. Paulo Afonso, 2017.
- MAIA, Willian Felipe Silva. **Avaliação de riscos de subestações para a prevenção de acidentes utilizando técnicas de tomada de decisão em grupo**: análise dos fatores contribuintes. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. 2016.
- MONTEIRO, P.R.D. MIRANDA, J.M. Arranjo de subestação: um estudo de revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e287101421805, 2021.
- PEREIRA, F.S.J. et al. Gerenciamento de riscos durante a construção de subestações de energia elétrica. **Gestão & Produção**, 26(4), e4639, 2019.
- PEREIRA, Álvaro Milani; et al. Estudo de caso da invasão de animais em subestações e seu impacto na qualidade do fornecimento de energia elétrica. **Revista Mythos**, v. 13, n. 1, p. 51-64, 10 jun. 2021.
- RODRIGUES, Gabriel Santiago Raimundo. **Desenvolvimento, projeto e execução de cabine de subestação em média tensão**. 102p. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Formiga – MG, 2017.
- RUBACK, R.O. DA COSTA, V.M. Um novo método de análise de falhas trifásicas sob incertezas de dados. **IEEE Latin America Transactions**, 16(5), 1395-1401, 2018.
- SCHULZE, Pedro Henrique. **Projeto de proteção contra sobrecorrente auxiliado pelo programa de análise de curto-circuito anafas**: um auxílio no estudo de caso em uma subestação abrigada de 13,8 kV e 1.500 Kva. Departamento em Engenharia Elétrica. 109 p. Florianópolis, SC, 2018.
- SILVA, Werick Alves. FERNANDES, Márcio Silva. **Análise de falha no cubículo de uma subestação localizada em Paracatu**. Anais do 1º Simpósio de TCC, das Faculdades FINOM e Tecsoma; 1081-1107. 2019.
- WAGNER, Luiza Rossatto. **Diretrizes de Projeto de Equipamentos de Subestações Elétricas Projeto de Diplomação II**. 77p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2022.

13

UMA VISÃO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO E QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

*AN VIEW ON THE DISTRIBUTION AND QUALITY OF
ELECTRIC ENERGY*

Leandro Bezerra Saminez

Resumo

O presente estudo, cuja temática é: uma visão sobre distribuição e qualidade de energia elétrica, propõe discutir a qualidade de energia elétrica fornecida pelas concessionárias no Brasil para seus devidos consumidores, compreendendo que esta discussão é pertinente na contemporaneidade, tendo em vista que a péssima qualidade de energia elétrica ocasiona distúrbios que afetam, sobretudo, equipamentos eletrônicos e causam a falha total destes, acarretando em problemáticas e/ou prejuízos à população. Nesse sentido, as distribuidoras de energia têm o papel de fornecer energia elétrica de boa qualidade aos consumidores e devem estar se adequando de forma contínua em estruturar-se tecnologicamente, objetivando assim, minimizar distúrbios e falhas pertinentes. Deste modo, a pesquisa em questão, seguiu os princípios de uma revisão bibliográfica de cunho qualitativo a partir de artigos e dissertações publicados na base de dados da *Scientific Electronic Library Online* – SCIELO e Google Acadêmico, datados de 2006 a 2020, com os seguintes descritores: energia, qualidade, distribuição, a fim de levantar informações e literaturas referentes à temática. Constatou-se no estudo que, os avanços nas concessionárias em distribuir e fornecer energia elétrica aos consumidores, tem contribuído para a redução de problemáticas e prejuízos aos seus clientes. Contudo, é imprescindível que esse avanço alcance toda a população.

Palavras-chave: Energia Elétrica, Distribuição de Energia Elétrica, Qualidade de Energia Elétrica.

Abstract

The present study, whose theme is: a view on electricity distribution and quality, proposes to discuss the quality of electricity supplied by utilities in Brazil to their appropriate consumers, understanding that this discussion is relevant today, considering that the electricity quality causes disturbances that affect, above all, electronic equipment and cause their total failure, resulting in problems and/or harm to the population. In this sense, energy distributors have the role of providing good quality electricity to consumers and must be continuously adapting to technologically structure themselves, thus aiming to minimize disturbances and relevant failures. Thus, the research in question followed the principles of a literature review of a qualitative nature based on articles and dissertations published in the Scientific Electronic Library Online – SCIELO and Academic Google database, dated from 2006 to 2020, with the following descriptors: energy, quality, distribution, in order to gather information and literature on the subject. It was found in the study that the advances made by utilities in distributing and supplying electricity to consumers have contributed to the reduction of problems and losses for their customers. However, it is essential that this advance reach all populations.

Keywords: Electricity, Distribution of Electricity, Quality of Electricity.



1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da procura de energia elétrica pelos consumidores (sejam residenciais, comerciais e industriais), as concessionárias que distribuem a energia vêm cada dia mais procurando fornecer uma energia de boa qualidade. A concessionária de energia elétrica é responsável em manter a qualidade de energia nos níveis descritos em norma até o quadro de medição do consumidor, e o consumidor é responsável em manter os padrões exigidos por norma dentro de sua instalação.

A péssima qualidade de energia elétrica ocasiona distúrbios que afetam, sobretudo, equipamentos eletrônicos e causam a falha total destes. Os distúrbios elétricos, causadores de baixa qualidade de energia elétrica, podem gerar perdas consideráveis aos consumidores, sendo as indústrias as mais afetadas, uma vez que tais distúrbios podem causar o funcionamento incorreto e em alguns casos a queima dos equipamentos conectados à rede elétrica e, conseqüentemente, interromper um processo de produção da empresa.

Deste modo, as distribuidoras de energia têm o papel de fornecer energia elétrica de boa qualidade aos consumidores e no momento em que for preciso, para tanto as empresas estão se adequando, procurando se atualizar adquirindo equipamentos modernos no intuito de fornecer um ótimo produto e diminuir os impactos provocados pelos distúrbios e as possíveis faltas.

Nesse sentido, a relevância desta pesquisa debruça-se em ampliar os estudos já existentes, além de fornecer arcabouço teórico acerca da distribuição e qualidade da energia elétrica no Brasil, compreendendo que é necessário discutir a respeito dos desafios contemporâneos que envolvem esta dinâmica, uma vez que, a população necessita de uma distribuição eficiente e eficaz de energia elétrica. Logo, deve-se explicitar de forma contínua que a energia elétrica deve chegar aos consumidores, sejam eles quais forem, com a máxima qualidade possível, respeitando as normas estabelecidas para o respectivo.

Considerando esta conjuntura, o aumento da demanda de energia elétrica no país, como as concessionárias de energia elétrica vêm fazendo para melhorar a qualidade do fornecimento para a população?

Destarte, a pesquisa teve como objetivo geral demonstrar a melhoria da qualidade da energia elétrica através da modernização das subestações elétricas, e quanto aos objetivos específicos, o estudo irá apresentar as etapas do processo de distribuição de energia elétrica; descrever as falhas e distúrbios no sistema elétrico e demonstrar a melhoria do fornecimento de energia através da evolução de equipamentos.

Tal questionamento, há de requerer uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo a partir de artigos e dissertações publicados na base de dados da *Scientific Electronic Library Online* – SCIELO e Google Acadêmico, datados de 2006 a 2020, com os seguintes descritores: energia, qualidade, distribuição, a fim de levantar informações e literaturas pertinentes à temática.

2. ENERGIA ELÉTRICA: UMA VISÃO SOBRE DISTRIBUIÇÃO

Os sistemas elétricos de potência são constituídos por centrais de produção de energia elétrica, subestações de transformação e de interligação, linhas de transmissão e de distribuição, e cargas, que, ligadas eletricamente entre si, são responsáveis por gerar, trans-

mitir e distribuir energia elétrica atendendo a determinados padrões.

A distribuição de energia é um segmento do sistema elétrico, com a finalidade de entregar energia elétrica ao consumidor final. Esse segmento é um sistema de instalações e componentes elétricos que operam sob responsabilidade das concessionárias de distribuição, o sistema é dividido basicamente em subestação de distribuição e em linhas de distribuição (ELETROBRAS, 2012).

Os Sistemas Elétricos de Potência (SEPs), podem ser caracterizados como sistemas com o objetivo de fornecer energia elétrica com qualidade e no instante em que é solicitada tanto a grandes como pequenos consumidores. Dentre os requisitos básicos desses sistemas, pode-se citar: continuidade do serviço, conformidade, flexibilidade, segurança e manutenção (VASCONCELOS, 2017). O sistema de distribuição de energia é planejado para operar de forma segura, mas, está sujeito a ocorrências dos mais diversos motivos.

O termo qualidade da energia elétrica se refere a uma medida de quão bem a energia elétrica pode ser consumida, incluindo características de continuidade do seu fornecimento e de conformidade com parâmetros considerados desejáveis para uma operação segura, como distorções, flutuação de tensão, entre outros (DECKMAN; POMILIO, 2017).

Os efeitos produzidos pela má qualidade de energia nos equipamentos elétricos são variáveis, vão desde ligeiros aquecimentos até falha total. Cada equipamento sensível aos distúrbios, principalmente os eletrônicos, antes de sua falha total, difere em seu comportamento em relação às quantidades e intensidades das variações das grandezas elétricas (CAMPELO, 2018). Com o avanço da tecnologia os equipamentos se tornam mais vulneráveis devido a sensibilidade dos componentes.

A Qualidade da energia pode ser avaliada quanto à qualidade do serviço, observando-se a continuidade do fornecimento de energia elétrica, como também com relação à qualidade do produto, que se refere à capacidade do sistema elétrico fornecer energia com tensões equilibradas e sem deformações na forma de onda, ou seja, tensões senoidais, equilibradas e com amplitudes e frequências constantes (BARROS; BORELLI; GEDRA, 2016).

Segundo Correa (2017), além de garantir um funcionamento contínuo, seguro e adequado dos equipamentos elétricos e processos associados, a energia elétrica de boa qualidade é aquela que garante o bem-estar das pessoas, sem afetar o meio ambiente. As concessionárias, empresas fornecedoras de energia elétrica, têm a qualidade da energia monitorada através de indicadores específicos de continuidade denominados de DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) (CORREA, 2017).

A indústria de energia é uma das mais importantes e complexas dentro de toda a economia. Ao longo dos últimos dois séculos, o desenvolvimento econômico mundial esteve estritamente ligado à revolução tecnológica a partir do uso da energia elétrica (LEAL, 2017). O desenvolvimento do setor elétrico brasileiro está diretamente relacionado ao processo de urbanização e industrialização do país.

Oferecer toda a energia que o país precisa envolver a ação conjunta de uma porção de atores, incluindo governantes, fabricantes de equipamentos, financiadores, empresas de geração, transmissão e distribuição, além das gestoras e comercializadoras (LEAL, 2017). A energia elétrica se destaca como um dos principais indicadores de desenvolvimento do país passou por grandes alterações ao longo das últimas décadas, sendo comercializada quase como commodity em um mercado cada vez menos regulado.

O surgimento de deformidades nas formas de onda da tensão e corrente caracteriza



a falta de qualidade da energia elétrica. Estas anomalias são definidas como fenômenos eletromagnéticos ou distúrbios, dentre os quais destacam-se os harmônicos, interharmônicos, flutuações de tensão, afundamentos, transitórios, entre outros. Algumas modificações e complementações na classificação do IEC foram discutidas a partir inclusão da categoria de ruído, de elevação de tensão e a definição da categoria de distorção de forma de onda da corrente alternada, que inclui as distorções harmônicas, interharmônicas e de componente contínua.

Estes distúrbios estão relacionados com diferentes eventos nos sistemas de potência. Alguns são gerados pela operação normal dos sistemas, tais como chaveamento de banco de capacitores e entrada e saída de grandes cargas lineares ou não, enquanto outros estão relacionados com eventos não operacionais do sistema, como as descargas atmosféricas e as faltas na rede elétrica.

No Brasil, a distribuição de energia elétrica é feita a partir da integração da produção, transmissão e distribuição para o consumidor final. Nesse sentido, as distribuidoras de energia são responsáveis pelo fornecimento e/ou entrega de energia ao consumidor. Enquanto sistema, a distribuição é realizada através de fios condutores, transformadores e equipamentos de medição, controle e proteção das redes elétricas, possibilitando que este sistema, diferente da transmissão, seja mais amplo e ramificado (RIBEIRO, 2018).

Partindo desse contexto, as redes de distribuição podem ser divididas em redes elétricas primárias ou secundárias. No tocante a primária, esta refere-se à distribuição de energia de média tensão que atendem empresas e indústrias de médios e grandes portes. Já a secundária, se apresentam como redes de distribuição de baixa tensão que atendem consumidores residenciais, pequenos estabelecimentos comerciais e iluminação pública (RIBEIRO, 2018).

3. DISTÚRBIOS

Ao discutir sobre a rede elétrica, prescinde considerar aspectos pertinentes à qualidade do fornecimento desta, compreendendo como "continuidade de fornecimento, nível de tensão, oscilações de tensões, desequilíbrio, distorções harmônicas de tensão e interferência em sistemas de comunicações" (MEHL, 2004, p.1). No tocante aos distúrbios, encontra-se os distúrbios tipo impulso, oscilações transitórias, variações (curta ou de longa duração), desequilíbrio de tensão e distorções na forma de onda. Esta gama de distúrbios, representa desvios que afetam diretamente a qualidade na distribuição de energia elétrica (MEHL, 2004).

Entre os problemas de qualidade de energia elétrica, a interrupção do fornecimento é o mais grave, uma vez que afeta todos os equipamentos ligados à rede elétrica. Assim, torna-se necessário destacar algumas definições acerca dos distúrbios mais frequentes.

Conhecido também como cintilação, o efeito *flicker* é observado e/ou constatado através da impressão visual decorrente das variações do fluxo luminoso, em especial, no que se trata de lâmpadas do tipo incandescentes, ou seja, "acontece devido variações intermitentes de certas cargas, causando flutuações nas tensões de alimentação" (AFONSO; MARTIN, 2004, p. 66). Desta forma, ocorre cargas com ciclo variável, onde a frequência de operação constitui uma modulação da magnitude da tensão da rede na faixa de 0 a 30 Hz.

Nesse sentido, como a variação da potência elétrica imbricada ao efeito de cintilação luminosa é bastante baixa (da ordem de 0,3% da potência nominal da lâmpada) é pertinente explicitar que o efeito *flicker* pode ser provocado também, pela simples variação do

conteúdo harmônico de uma carga do tipo não-linear. Assim, o fenômeno ocorreria mesmo sendo a tensão fundamental constante (MEHL, 2004).

Também conhecido como Cunha de Tensão, este tipo de distúrbio se classifica como um afundamento abrupto da tensão que acontece em cada alternância, possibilitando a queda para zero e/ou a transferência de sinal. Suas causas estão associadas a conversores de energia trifásicos que proporcionam curto-circuito momentâneo entre as fases (MEHL, 2004). Destaca-se que, os “*notches*” se farão presentes quanto maior for o conteúdo harmônico do conversor, ou seja, quando representarem a corrente distorcida, e ainda, quanto menor for a potência de curto da fonte que o alimenta (STAROSTA, 2011).

Denominada também de desequilíbrio de tensão, se caracteriza como a diferença entre a magnitude das tensões de fase de circuitos polifásicos (Figura 3). É ainda, definido como a relação da tensão de sequência negativa e da tensão de sequência positiva no ponto de acoplamento comum entre a concessionária e o consumidor (STAROSTA, 2012).

O ruído se caracteriza pela distorção da tensão senoidal, através da superposição de um sinal de alta frequência. Nesse sentido, o ruído se refere a um sinal elétrico com uma frequência menor que 200 Khz superposto no sinal de potência (tensão ou corrente) nos condutores fase (MARTINHO, 2018).

A qualidade da energia elétrica fornecida pelas empresas distribuidoras e/ou concessionárias, aos seus consumidores deve ser amplamente discutida no Brasil. Destaca-se que, por muito tempo, acredita na ideia de que a qualidade está associada apenas com a continuidade dos serviços, ou seja, a principal preocupação era que não houvesse interrupções de energia, e a que as tensões e frequência fossem mantidas dentro de determinados limites considerados aceitáveis. Contudo, com o avanço de tecnologias, percebe-se a necessidade de avaliar e regular o desempenho das concessionárias através da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (CASTRO et al., 2017).

4. CONCLUSÃO

Discutir sobre energia elétrica, prescinde destacar sobre o processo de distribuição e fornecimento desta, compreendendo que o fator qualidade deve estar dentro dos requisitos a serem preconizados pelas concessionárias. Sabe-se que os distúrbios, bem como as falhas na rede elétrica impactam negativamente os consumidores, gerando prejuízos e danos pertinentes aos seus equipamentos (eletrodomésticos), maquinários e em processos de produção.

Desta forma, é imprescindível que as empresas distribuidoras de energia elétrica busquem avanços tecnológicos, uma vez que, possuem o papel de fornecer energia de boa qualidade aos consumidores e no momento em que for preciso restabelecer seus serviços de forma efetiva e eficiente, minimizando danos à população.

Observou-se que, as empresas estão buscando novas alternativas e equipamentos complementares que possam melhorar o processo e dinâmica da qualidade de distribuição de energia elétrica, contudo, destaca-se a importância de ampliar a discussão sobre esta temática, tendo em vista, que nem sempre pequenos municípios são contemplados com avanços tecnológicos no tocante a qualidade de energia elétrica. Almeja-se com esse trabalho ampliar as discussões acerca da distribuição e qualidade de energia elétrica no Brasil, compreendendo que esta perspectiva é imprescindível para a satisfação dos consumidores.

Referências

- AFONSO, J.L. MARTINS, J.S. Qualidade de energia elétrica. 2004. **Revista o Electricista**, nº 9, 3º trimestre de 2004, ano 3, pp. 66-71. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~ee05161/ficheiros/artigos/Apontamentos%20sobre%20qualidade%20da%20energia%20electrica.pdf>. Acesso em: 22 de out de 2022.
- BARROS, B; BORELLI, R; GEDRA, R. **Gerenciamento de Energia: Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2016. 177 p.
- CAMPELO, M. Avaliação do impacto da qualidade de energia elétrica na produção industrial: proposta de metodologia. **Revista Produto e Produção** V.09, João Pessoa, 2008.
- CASTRO, N.J et al. **Qualidade de fornecimento de energia elétrica: aspectos regulatórios e perspectivas**. 2017. Disponível em: https://agora.ie.ufrj.br/pdf/Nivalde_de_Castro/15.TDSE_76_Qualidade_do_fornecimento_de_energia_eletrica.pdf. Acesso em: 24 de out. de 2022.
- CORRÊA, F. I. M. (2007). **Estudo de um Sistema de Distribuição com Enfoque na Qualidade da Energia Elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2007.
- DECKANN, S.M.; POMILIO, J. A. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. 2017. Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação. Universidade Estadual de Campinas.
- ELETOBRAS – VOLUME 3 – **Desempenho de Sistemas de Distribuição**, 1982.
- GOMES, E.C. Equipamentos para distribuição de energia. 2019. **Rev. Setor Elétrico**. Disponível em: http://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2014/06/ed-100_Pesquisa-Equipamentos-para-distribui-cao-de-energia.pdf. Acesso em: 12 de nov. de 2021.
- LEAL, M. **Energia, parceria e liberdade**. Sao Paulo: Roberta Garattoni e Julia Yamaguchi, 2017.
- MANUAL STECK, **Distribuição de Energia**. 2017. Disponível em: <https://www.universidadetrisul.com.br/etapas-construtivas/como-e-feita-a-distribuicao-de-energia-eletrica-no-brasil>. Acesso em: 20 de outubro de 2022.
- MARTINHO, EDSON. **Distúrbios de energia elétrica**. 2018. Disponível em: <https://www.leonardo-energy.org.br/wp-content/uploads/2018/02/Doc-72-ie-qe-Webinar-Disturbios-da-Energia-Eletrica.pdf>. Acesso em: 23 de out. 2022.
- MEHL, EWALDO L.M. **Qualidade de Energia Elétrica**. 2004. Disponível em: <http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/mehl/posgrad/qualidade-energia.pdf>. Acesso em: 21 de out de 2022.
- MCKINSEY, 2017. **Electrifying insights: How automakers can drive electrified vehicle sales and profitability**. McKinsey&Company.
- VASCONCELOS, F. M. **Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.
- RIBEIRO, Amarolina. **“Distribuição de energia elétrica no Brasil”**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/distribuicao-energia-eletrica-no-brasil.htm>. Acesso em 20 de outubro de 2021.
- STAROSTA, José. **Cortes de tensão**. 2011. Disponível em: <https://osetoelettrico.com.br/cortes-de-tensao-ou-voltage-notching/>. Acesso em: 26 de out. de 2022.
- STAROSTA, José. **Desequilíbrio de tensão**. 2012. Disponível em: <https://osetoelettrico.com.br/desequilibrio-desbalanceamento-de-tensao/>. Acesso em: 26 de out. de 2022
- VIANA, S.C. **Equatorial aposta em novos equipamentos**. 2021. Disponível em: <https://www.correiodosmunicipios-al.com.br/2021/10/equatorial-aposta-em-equipamentos-inteligentes-para-melhorar-o-fornecimento-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 13 de nov. de 2022.

14

A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA EM SUBESTAÇÃO

*THE IMPORTANCE OF THERMOGRAPHIC INSPECTION IN
SUBSTATION*

Leonardo Cesar dos Santos

Vanessa Dias

Resumo

O trabalho realizado foi enfatizado, na busca de melhorias em sistema elétrico, de grande ou pequeno porte, para empresários de vários gêneros, onde vem apresentando uma inconformidade com as normas brasileiras e apresentando problemas para empresas industriais, comerciais entre outra. A pesquisa e os estudos feitos falam sobre um assunto chamado fator de potência ou baixo fator de potência, onde representa vários problemas nos sistemas elétricos de uma instalação. Tem como objetivo mostrar e conscientizar a importância de uma instalação elétrica correta e bem dimensionada com todos os componentes em ordem, para que não haja nenhum imprevisto ou risco contra a segurança das pessoas.

Palavra-chave: Fator de potência. Defasagem. Sistema elétrico.

Abstract

The work carried out was emphasized, in the search for improvements in the electrical system, large or small, for entrepreneurs of various genres, which have been showing non-compliance with Brazilian standards and presenting problems for industrial and commercial companies, among others. The research and studies done talk about a subject called power factor or low power factor, where it represents various problems in the electrical systems of an installation. Its objective is to show and raise awareness of the importance of a correct and well sized electrical installation with all components in order, so that there is no unforeseen or risk to people's safety.

Keyword: Power factor. lag. Electrical system.

1. INTRODUÇÃO

A análise térmica de equipamentos do sistema elétrico de potência é um forte aliado para empresas do setor de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. As leituras térmicas feitas com o equipamento certo podem identificar problemas atuais ou futuros, que em alguns casos podem ser corrigidos de maneira fácil e barata, e que podem causar danos ao pessoal e ao equipamento se não forem tratados.

Um sobreaquecimento é capaz de gerar uma avaria ou até mesmo um rompimento de um componente, logo, em consequência disso, causaria a interrupção de um ciclo de trabalho, produção ou transporte. As boas práticas de manutenção designadas aos equipamentos e máquinas têm por objetivo principal reduzir a frequência e a quantidade de falhas/interrupções, promover a melhoria do estado do equipamento, proteger a vida útil e maximizar o uso eficaz dos recursos de manutenção.

Sendo assim, o presente tema se justifica na análise térmica como forte aliada na manutenção preventiva com o fito de prevenir acidentes e falhas elétricas, cuja motivação foi a escolha do presente tema.

A termografia em sistemas elétricos identifica problemas causados por anormalidades térmicas devido à relação entre a corrente e o aumento da resistência ôhmica dos componentes. Os pontos quentes em circuitos elétricos são causados pela deficiência de contato nos componentes, corrosão ou oxidação, distribuição de carga ou defeito de componentes. Diante do contexto, surge a seguinte questão: qual a importância da inspeção termográfica em subestação de energia?

Para responder à questão o objetivo do presente trabalho é apresentar a importância da inspeção termográfica em subestação de energia. E como objetivos específicos apresentar perspectiva histórica da correção do fator de potência; descrever os conceitos de cargas lineares e não lineares, baixo fator de potência e a compensação de energia; identificar a importância da inspeção termográfica em subestação de energia.

O tipo de pesquisa realizado foi de revisão da literatura, no qual realizou consultas em livros, artigos científicos selecionados através de busca em bases de dados como Scielo, Google Acadêmico, entre outros, cujas publicações foram de 1987 a 2022. As palavras-chaves foram: fator de potência, defasagem, sistema elétrico.

2. PERSPECTIVA HISTÓRICA DA CORREÇÃO DO FATOR DE POTÊNCIA

De acordo com Codi (2004), quando se toca no assunto de manutenção para a correção do fator de potência, não pode esquecer-se de verificar como as cargas estão se comportando, exemplo:

- Como está o comportamento das cargas em seu sistema.
- Como estão as características das cargas não lineares e o conteúdo das harmônicas.
- Qual vai ser o impacto ao injetar cargas reativas nas instalações.
- Quais os aspectos da qualidade da energia e como está a produtividade em relação à energia.

Quando se faz a verificação da defasagem do sistema, a injeção de reativos pode ser



muito importante para fazer a regularizações das tensões. Assim teremos melhoras e eficiência no uso dos equipamentos e a redução de perdas de corrente elétrica sem os circuitos industriais (ANICETO, 2018).

Tempos atrás bem antes das concessionárias começarem a fazer as cobranças de energia reativas excedentes no sistema, já se fazia uma correta instalação de capacitores, para que houvesse um crescimento na qualidade da energia de alimentação das cargas, para um aumento significativo na produção, com uma grande e importante redução nas perdas da energia elétrica (DECKMANN, 1987).

Multas cobradas pelas concessionárias podem até não ser tão importantes quanto o mal consumo de excesso de reativos, mas causa a má qualidade da energia devido ao baixo fator de potência Codi (2004).

O uso dos capacitores iniciou-se quando as concessionárias começaram a adotar multas, ou seja, quando o fator de potência passou a ter um valor definido inicialmente de 85%. As mudanças desse valor passaram para 92%, feitas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2017).

Devido a mudança em medir em média hora, houve a facilidade da medição, visto que o mercado tinha disponível equipamentos eletrônicos para executar medições. Essa mudança teve início na década de 1990 e foi acontecendo mundialmente, porém tiveram que ser feitas várias adequações nas instalações elétricas, pois as antigas passaram a ser inadequadas as normas atuais e poderiam ser cobradas por isso em forma de multas. (CODI, 2004).

Isso fez com que muitos consumidores se apressassem para adequar-se as novas normas apresentadas, mesmo assim muitos desavisados que não tinham instruções suficientes, viram seus equipamentos não funcionarem direto e não imaginavam o motivo disso (MARTINHO, 2013).

Muitos consumidores industriais e comerciais pagam suas contas até hoje sem entender o motivo dessas mudanças, e acham normal o faturamento de energia reativa excedente, sem saber que a energia adequada para sua instalação é a energia ativa, que instalada corretamente pode até gerar energia reativa, com uma aplicação correta de banco de capacitores. Já outros consumidores preferem arcar com os custos da adequação e melhorar seu consumo de energia fazendo assim uma melhoria na sua linha de produção (DECKMANN, 1987).

De acordo com Codi (2004, p 22), “em muitos casos as concessionárias não alertam seus clientes dessas cobranças excessivas, nem da possibilidade de uma melhoria em seu processo técnico”. Por isso é importante avaliar o seu projeto de instalação, para analisar e adequar uma compensação de energia reativa correta, visto que isso pode ser feito através de uma concessionária contratada para o serviço.

Muitos consumidores não conhecem sobre o fator de potência, e conforme o Manual para Correção do Fator de Potência (NASSAR, 2005), será apresentado de forma resumida as principais consequências graves de um fator de potência baixa:

- Aumento da conta de energia elétrica;
- Aumento da corrente elétrica que circula pelo sistema;
- Flutuações e quedas de tensão em vista da sobrecarga dos circuitos;
- Se a instalação usar transformadores eles podem limitar seriamente a potência útil disponível na empresa;

- Para manter o nível de consumo é preciso aumentar a espessura dos cabos de distribuição;
- As perdas nas linhas de distribuição aumentam pela dissipação de energia na forma de calor (Efeito Joule).

Os dispositivos de proteção devem ter sua capacidade aumentada, assim como os equipamentos de manobra.

Não pode deixar de ser mencionada a forte influência das exigências atuais relativas à preservação do meio ambiente e segurança do trabalho. A manutenção está diretamente relacionada com a eliminação dos riscos ambientais e de acidentes, tanto na sua atividade propriamente dita como na melhoria de equipamentos e instalações industriais (NASSAR, 2005, p. 24).

2.1 Fator de potência

O fator de potência é uma relação entre potência ativa e potência reativa, trata-se de uma diferença entre o consumo aparente (medido em V.A) e o consumo real (medido em watts), que indica a eficiência com a qual a energia está sendo usada. (DECKMANN, 1987).

Um alto fator de potência indica uma eficiência alta, e um fator de potência baixo indica baixa eficiência. Um baixo fator de potência indica que você não está aproveitando plenamente a energia, e a solução para corrigir, é a instalação de banco de capacitores. O fator de potência é determinado pelo tipo de carga ligada ao sistema elétrico, que pode ser: Resistiva, Indutiva ou Capacitiva (ANICETO, 2018).

De acordo com MAMEDE (2016), alguns equipamentos tais como, motores, transformadores, reatores para lâmpadas de descarga, fornos de indução, entre outros necessitam para seu funcionamento uma quantidade de carga que consome energia reativa indutiva, que pode ser suprida por diversas fontes a um sistema elétrico funcionando individualmente ou simultaneamente, tais como, os geradores, motores síncronos e capacitores.

Conforme Manual de Orientação aos Consumidores, tendo como exemplo as linhas de transmissão e de distribuição de energia elétrica são fontes de energia reativa devido a sua reatância. Essa energia é compreendida de duas formas que são nas formas de energia reativa indutiva e energia reativa capacitiva. (CREDER, 2007).

O fator de potência é dito, que o cosseno do ângulo é a defasagem entre tensão e corrente. Em um caso em que o fator de potência for indutivo, o consumidor tem em seu sistema a corrente atrasada em relação a tensão, e em um caso que o fato de potência está capacitivo a tensão está atrasada em relação a corrente, já em um caso reativo não existe defasagem entre tensão e corrente. (MARTINHO, 2013).

Pode-se dizer que o sistema está em equilíbrio e sem perdas, já quando tem defasagem em cosseno existe algumas perdas. Em casos em que precisa verificar o fato de potência, existem algumas formas de fazer essa verificação, onde elas podem ser direta ou até indireta. No caso de verificação direta, pode ser feito da forma em que o cosseno- ϕ -metro é um jeito de se descobrir se é capacitivo ou indutivo. (CREDER, 2007).

Afirma Creder (2007) diz que no caso de a verificação indireta poder ser realizada com o wattímetro e um KVA- metro ou até diretamente pelos dados que poderá ter na instalação usando as fórmulas:

$$f. p = \frac{KW}{KVA} \quad (1)$$

$$tg\phi = \frac{Kvar}{KW} \quad (2)$$

2.2 Potência aparente

A soma entre potência ativa e reativa gera a potência aparente, medida em kilovolt-ampères (KVA), também chamada fator de potência ou energia total. Esta é a medida que pode indicar se a energia consumida é suficiente para um ou outro abastecimento elétrico, assim como apontar onde há a necessidade de melhoria no fornecimento. (CREDER, 2007).

Manual para Correção do Fator de Potência, para ter uma ideia da importância da energia aparente, um baixo fator de potência pode provocar tensões variadas até a queima de motores, perda de energia e aumento de consumo, redução considerável do aproveitamento total de transformadores, aquecimento de condutores e diminuição da vida útil das instalações transmissoras de energia. (ANICETO, 2018).

A Potência Aparente é representada pela letra “S” e tem como definição o produto das tensões eficazes pelos produtos da corrente, segue abaixo:

$$S = U_l \times I_l \quad (1)$$

Onde:

U_l Tensão de linha

I_l Corrente de linha

2.3 Potência reativa

Na potência reativa, ela por si só não realiza o trabalho, ou seja, não é essa energia que fará a ligação dos equipamentos elétricos, mas sim com o uso do gerador de energia e sua carga. Será o responsável em manter o campo eletromagnético ativo em transformadores, motores, lâmpadas fluorescentes, reatores entre outros (ALEXANDER; SADIKU, 2013).

Conforme Boylestad e Nashelsky (2004) para entender melhor esse tipo de potência e sua diferença de potência ativa e reativa, é dado um exemplo usando uma analogia com um copo cheio de cerveja, ou seja, em um copo cheio de cerveja, há uma parte ocupada pelo líquido e outra ocupada pela espuma. Para aumentar a quantidade de líquido nesse copo, tem que diminuir a espuma. Desta forma a Potência Elétrica solicitada, é composta de Potência Ativa (kW), que “corresponde” ao líquido, e Potência Reativa (kVAr), que “corresponde” à espuma.

Sua medida é feita em kVAr, que significa kilovolts-Amperes-Reativos. Em casos que capacitores ou até mesmo motores síncronos superexcitados “motores capacitivos, que

não tem perdas na sua partida de funcionamento”, isso faz com que a potência reativa diminua nos geradores quando precisar suprir (ANICETO, 2018).

2.4 Potência ativa

Potência ativa é a que efetivamente realiza em um trabalho sendo convertida totalmente em luz, calor, movimento etc. Essa potência é medida em W (watt) e seus múltiplos, um exemplo de carga que consome totalmente a potência que lhe é fornecida é uma lâmpada, onde é gerada a luz por filamentos interligados, bancos de resistência ligados a alimentação onde gera calor pelas suas resistências, e representa uma carga resistiva pura, pois nela corrente e tensão estão em fase (MAMEDE, 2016).

A potência ativa e a potência reativa juntas formam a potência aparente, que é medida em kilovolts-ampères (KVA) (MAMEDE, 2016).

2.5 Energia reativa resistiva

As cargas resistivas costumam ser utilizadas em ferros de passar roupa, chuveiros e lâmpadas incandescentes. Resumidamente, conectar uma carga resistiva ao sistema significa que a corrente e a tensão mudarão de polaridade em fase, ou seja, sincronizadas, gerando um fator de potência unitário, em que a energia flui numa mesma direção através do sistema em cada ciclo (DECKMANN, 1987).

Simplificando, a corrente que circula por esta carga, alterna-se e acompanha a tensão aplicada, por isso que toda carga puramente resistiva possui fator de potência. (DECKMANN, 1987).

2.6 Energia reativa indutiva

Em uma rede elétrica, existem basicamente três tipos de cargas elétricas: resistivas, indutivas e capacitivas. Esta classificação está diretamente ligada ao fator de potência, que mede se a energia elétrica recebida é suficiente para atender as necessidades do uso diário, seja em residências ou empresas (ALEXANDER; SADIKU, 2013).

As cargas indutivas, geralmente utilizadas em motores e transformadores, criam campos magnéticos pelas bobinas existentes nos equipamentos que estão ligados a ela, produzindo potência reativa com onda de corrente atrasada em relação à tensão. O fator de potência, neste caso, é zero (DECKMANN, 1987).

A energia reativa indutiva é gerada por equipamentos dotados normalmente de bobinas, tais como motores de indução, reatores, transformadores, entre outros, ou também que gerem um arco elétrico, como o forno a arco. Esse tipo de carga apresenta um fator de potência conhecido como reativo indutivo (MAMEDE, 2016).

2.7 Conceitos de cargas lineares e não lineares

Uma carga linear pode ser definida como aquela em que há uma relação linear entre corrente e tensão. Uma carga linear absorve uma corrente senoidal quando é alimentada por uma tensão senoidal. Essa corrente pode estar defasada por um ângulo em relação

à tensão. (COTRIM, 2013).

A carga linear ela tem influência no fator de potência, mas ela não é linear quando se têm indutor, reator e capacitor. Isso acontece quando a corrente elétrica de um circuito é alimentada, mas não contém componentes que gerem as harmônicas de frequência 60Hz, como dispositivos eletrônicos (COTRIM, 2013).

Em um caso como esse pode-se considerar que a potência aparente em um sistema que se resulta em um vetor de potência ativa e também reativa, isso dada pelas expressões.

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (1)$$

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad (2)$$

Onde:

S^2 = Potência aparente

P^2 = Potência ativa

Q^2 Potência capacitiva

O fator de potência pode se equacionar como cosseno do ângulo usando as variáveis P potência ativa e S potência aparente.

$$FP = \cos\phi \quad (1)$$

Onde:

Fp = fator de potência

$\cos\phi$ = cosseno do ângulo

Uma carga é não linear quando a corrente que ela absorve não tem a mesma forma que a tensão que a alimenta, temos com exemplos de cargas não lineares as seguintes: informática, pontes retificadoras, variadores de velocidade, fornos a arco, iluminação fluorescente.

Quando a relação entre corrente e tensão num determinado componente não é descrita por uma equação linear, esta carga é denominada não-linear. A corrente eficaz, que é a corrente real, dada em (RMS) ela é definida pela expressão:

$$I_{rms} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n I_{hi}^2)} \quad (1)$$

3. COMPENSAÇÃO DE ENERGIA

De acordo com Creder (2007), se tratando de compensação de energia é necessário cautela, para que se obtenham resultados técnicos e econômicos satisfatórios. O critério e a experiência para que se faça uma compensação adequada é realizar uma análise de cada caso, pois não existe uma solução padronizada. Em alguns casos a elevação do fator de potência pode ser obtida com:

- O aumento do consumo de energia ativa;
- A utilização de motores síncronos;
- A utilização de banco de capacitores.

Capacitores são fontes de energia reativa. O objetivo de sua aplicação em sistemas de potência é a compensação de energias reativas produzidas por cargas indutivas ou reatâncias de linhas. Quando adequadamente utilizados, permitem a obtenção de um conjunto de benefícios, que incluem a redução de perdas de energia, correção dos perfis de tensões, controle dos fluxos de potência e aumento da capacidade dos sistemas (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004).

3.1 Analisando a compensação de energia reativa que tenha carga linear e não linear

Nos casos de instalações que necessitam de adequações de cargas reativas são realizadas compensações de energia com banco de capacitores em paralelo e instalado no mesmo ponto das cargas. Desse modo, pode favorecer a compensação da potência reativa em um sistema usando o auxílio das expressões utilizadas como o triângulo ou tetraedro das potências (CAPELLI, 2017).

O problema define o quanto de energia reativa será injetada, de modo que isso compense a potência reativa consumida pela carga de um sistema. Caso ocorra um excesso de energia reativa, é preciso normalizar a potência consumida pela carga positiva, isso ocorre com o banco de capacitores entrando em funcionamento e ejetando energia indutiva para que se tenha um equilíbrio de cargas capacitivas (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2004).

3.1.1 Cargas lineares e a compensação de reativas

De acordo com Capelli (2017), na inexistência de Harmônicas, usando a expressão de tetraedro das potências, o valor do reativo consumido é calculado a partir das seguintes expressões:

$$Q = P \times \operatorname{tg} \phi \quad (1)$$

ou

$$Q^2 = \sqrt{(S^2 - P^2)} \quad (2)$$

Onde:

S^2 = Potência aparente

P^2 = Potência ativa

Q^2 = Potência capacitiva

Para que a defasagem tenha uma eficiência grande e o ângulo se aproxime de zero é feito uma injeção de energia reativa. (CAPELLI, 2017).

3.1.2 Cargas não lineares e a compensação de reativas

A compensação de cargas não lineares, a injeção de potência reativa tem uma importância muito grande e limitada. Caso tenha alteração onde a carga a ser compensada tenha uma variação ao longo do tempo e pode conter harmônicas, por suas próprias ca-

racterísticas de não linearidade. Para uma boa solução o valor do reativo consumido deverá garantir uma instalação adequada em que os capacitores completarão seus ciclos sem danos à sobre tensão e a ressonância (COTRIM, 2013).

3.2 Medição conforme a norma estabelece

De acordo ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2017), podemos entender um pouco a história do DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica e juntamente os decretos desta época. No Decreto nº 62.724/1968 e com a nova redação do Decreto nº 75.887/1975, as concessionárias de energia elétrica optaram em adotar o fator de potência de 0,85 como referência para limitar o fornecimento de energia reativa.

Já no Decreto nº 479/1992 obrigou que a manter o fator de potência mais próximo de 1,00 isso era para as concessionárias e também para consumidores, e recomendou ao DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica o estabelecimento de um novo limite de avaliação e de critério de faturamento da energia reativa excedente a esse novo limite. (CAPELLI, 2017).

De acordo com nova legislação estabelecida pela DNAEE– Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, introduziu uma nova forma de abordagem do ajuste pelo baixo fator de potência, com os seguintes aspectos:

- Aumento do limite mínimo do fator de potência de 0,85 para 0,92;
- Faturamento de energia reativa excedente.

Há alguns anos atrás quando começaram as a ter normas sobre o fator de potência estabelecido, foi criado decretos onde vinha exigir a obrigatoriedade das concessionárias, indústrias e estabelecimentos a adotar um fator de potência de no mínimo de 85% para se limitar o consumo de energia reativa. Com o passar dos tempos foi revisado o decreto antigo e atualizado, que passou de 0.85 para 0.92% o fator de potência (MAMEDE, 2013, p. 22).

Também se exigiu um novo limite de referência para o fator de potência indutivo e capacitivo, para que se possa avaliar o critério de faturamento da energia reativa excedente a esse novo limite pelas empresas, estas mudanças estavam relacionadas com objetivo das cobranças. (MAMEDE, 2013).

Ao invés de se cobrar um ajuste por baixo fator de potência, como antigamente, as concessionárias passam a ser cobradas pela quantidade de energia ativa que poderia ser transportada no espaço ocupado por esse consumo de reativo, que corresponde à energia real usada pelas empresas. Esse é o motivo das tarifas cobradas serem de demanda e consumo de ativos, inclusive ponta e fora de ponta para os consumidores enquadrados na tarifação (MAMEDE, 2013).

De acordo com a ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica (2017), além dos limites estabelecidos e das formas de medições também não se pode esquecer um item muito importante, que ficou definido os horários de medições, que passaram a ser:

- Das 6 às 24 horas, o fator de potência deve ser no mínimo 0,92 para a energia e demanda de potência reativa indutiva fornecida.
- Das 24 horas às 6 horas no mínimo 0,92 para energia e demanda de potência reativa capacitiva recebida.

3.3 Capacitores e suas características

As indústrias de grande porte, ou estabelecimentos de grande porte, atualmente usam um método mais econômico, que permite grandes flexibilidades de aplicações (CONTRIM, 2013).

Os capacitores também conhecidos como capacitores de potência têm essa característica por sua corrente nominal, isso quer dizer que sua potência real, tendo características trifásicas e monofásicas com cargas para baixa e alta tensão e valores padronizados de potência, frequência e também para tensão, chegando assim a ter até uma potência de 50 kVAr em baixa tensão ligados em delta (CAPELLI, 2017).

Os capacitores de alta tensão com cargas não superior a 100 kVAr são monofásicos e tem suas ligações feitas em estrela. Em algumas aplicações os capacitores são utilizados em banco monofásico e trifásico, com suas próprias unidades também trifásicas e monofásicas, vindo a ter uma maior potência elevada, uma flexibilidade muito grande na instalação e manutenção de bancos de capacitores (DUALIBE, 2018).

3.3.1 Formas de injeção de reativos

Primeiramente para uma boa injeção de reativos deve-se analisar onde vai ser feita a instalação e a localização dos capacitores inseridos. Nos casos de compensações individuais, ou seja, capacitores ligados diretamente em dispositivos de manobras, ou até em bornes de motores, é preciso tomar precauções em relação à corrente de partida dos motores, porque a corrente do capacitor deve ser inferior a corrente de magnetização do motor (ALEXANDER; SADIKU, 2013).

3.3.2 Localizações dos capacitores

Quando instalado o capacitor no painel principal, pode ser que haja uma compensação uniforme para o sistema, porém não vai gerar uma redução de perdas mesmo que circule uma corrente reativa. Usando esse tipo de ligação, isso pode proporcionar uma redução bem aceita, usando a aplicação do fator de demanda levando em consideração o dimensionamento dos capacitores e os diferentes circuitos que permitem o funcionamento do quadro (COTRIM, 2013).

Caso possa auxiliar na redução de perdas em uma instalação pode ser instalado um quadro de distribuição divisório, que apresenta uma solução intermediária, sendo para um ou mais circuitos de distribuição principal, alimentando os quadros que estão ligados muitas cargas de pequeno porte em que não será preciso reduzir para um só circuito (TIPLER, 2009).

Os capacitores em médias e altas tensões têm como função a compensação de energia reativa, próxima à entrada de energia elétrica, porém essa solução não reduz as perdas envolvidas e exige que seu sistema seja complexo, com equipamentos e componentes para a manobra e proteção em alta tensão para atender aos capacitores. (DUALIBE, 2018).

4. A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA EM SUBESTAÇÃO DE ENERGIA

Um estudo realizado por Chrzanowski (2010) em uma empresa de Piracicaba que teve início de funcionamento em 1977 com coletas de óleo lubrificante usado ou contaminado, com objetivo de fazer reciclagem teve muito sucesso e progresso, porém em pleno século XXI teve que se adequar com a lei 6.938 e depois se regulamentou com a norma da Agência Nacional de Petróleo – ANP. Mais adiante teve a certificação da NBR ISSO 9001:2008, a qual busca melhorias e satisfação de clientes internos e externos.

Devido à grande quantidade de coleta de óleo, a empresa foi considerada entre as maiores refinadoras do Brasil e atingiu um nível internacional de refinamento. O objetivo da empresa era regenerar os óleos para revender, e ser utilizado por exemplo a borra para fazer asfalto. Com isso a empresa teve que adquirir equipamento grande e potente para atender a demanda e esses equipamentos consome uma alta carga elétrica por um período longo de horas. (CHRZANOWSKI, 2010).

Devido essa alta carga elétrica a empresa começou a ter problemas nas instalações elétricas, e afetar os equipamentos de grande porte, além do alto valor das multas sobre a energia consumida, visto que seus bancos de capacitores já não trabalhavam corretamente e seu fator de potência estava irregular. (CHRZANOWSKI, 2010).

Diante de todos esses problemas Diniz (2013), propõe um processo importante para resolução do caso, ou seja, é necessário trabalhar de acordo as normas vigentes de boas práticas de instalações e conservações do sistema elétrico das indústrias. Estas normas técnicas, destaca-se algumas utilizadas:

- ABNT/NBR 5410 Instalações elétricas de Baixa tensão;
- ABNT/NBR 14039 Instalações elétricas de média-tensão;
- ABNT/NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas;
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

Para a realização de uma análise, é preciso selecionar um período de trabalho, Chrzanowski (2010) separou dois do ano 2010, iniciando a coleta de dados as 11:00h da manhã e com o término as 14:40h da tarde. Esses dados foram analisados com auxílio do software ANL6000, versão 2.0 e também o analisador de energia da marca EMBRASUL RE6000/B/H/T/N, que possui 4 canais de entrada.

Diante disso, conforme Diniz (2013), primeiramente a empresa deve apresentar por meio de projeto alguns serviços que realizaria e como seria realizada, seguindo essa ordem:

- uma proposta técnica-comercial com fornecimento de prestação de serviço, visando verificar a potência disponibilizada, provável alteração na demanda, emissão de relatórios propondo medidas de reajustes, instalações de equipamento como por exemplo analisador de energia por um período de 48 horas e inspeção termográfica na subestação de entrada e nos QGBT.

A empresa contratada também informou que haveria alguns requisitos que precisava ser realizado, como:

- isolamento da área e abertura de todos os bancos de capacitores;
- análise de capacitor por capacitor e verificação da corrente;
- verificação da corrente total do banco de capacitor;

- verificação das resistências de descargas, disjuntores ou fusíveis;
- análise das condições dos contadores e de fechamento do banco;
- verificação da programação do controlador;
- medição nos bancos de capacitores e verificação do chaveamento.

Após toda essa análise, deve realizar uma nova medição de carga de hora em hora para um novo diagnóstico. No relatório técnico será realizada uma avaliação no Banco dos Capacitores, instalados na parede frontal do QGBT, sendo formado por dois painéis, onde, um é o controlador de reativo na porta e o outro sem nada na parte frontal. As células estão protegidas por disjuntores em caixas moldadas instaladas que alimentam os contadores que estão ligados na saída (220V) do transformador de 750kVA. (CHRZANOWSKI, 2010).

Para ter-se uma melhor identificação, os capacitores devem ser identificados, por caneta especial, onde são medidas as correntes dos capacitores, para saber como eles estavam comportados em condições de operação. (DINIZ, 2013).

Nas medições realizadas, constatou-se que, não foi possível identificar o nível de curto-circuito dos disjuntores de caixa moldada que deverá estar em torno de 50 kilo ampere. Caso os disjuntores não atendam a amperagem necessária, deverão ser previstos para as mesmas, chaves seccionadoras fusíveis de acordo com dimensionamento técnico. (CHRZANOWSKI, 2010).

Com base no analisador de energia e nos dados coletados, são realizados cálculos para que houvesse confirmação, onde todo os procedimentos realizados no trabalho de readequação do sistema da empresa tenham sido eficazes. Com isso foram colocados em prática os cálculos para saber se com a readequação estava outra vez no valor permitido por norma. (CHRZANOWSKI, 2010).

Para Gomes (2014), os cálculos foram os trigonométricos, onde envolve o triângulo, para poder entender de uma forma mais simples, veja figura abaixo:

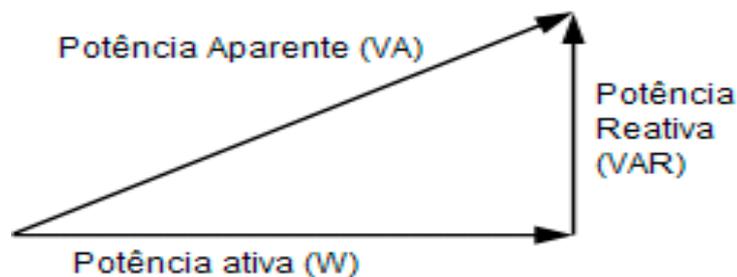


Figura 1: Cálculos de trigonometria

Fonte: Gomes (2014)

Para descobrir o fator de potência, afirma Gomes (2014), que empresa passou a consumir depois da readequação, deve usar a fórmula como já dita é o cálculo de:

$$FP = \frac{P(W) \quad (1)}{S(VA) \quad (2)} =$$

Onde:

FT = Fator de potência

P = Potência ativa

S = Potência aparente

O analisador mostra valores mais exatos, já para realizar os cálculos os valores a serem mostrados foram arredondados para ficar mais fácil de entender. Com os cálculos feitos pelo analisador de energia mostra, o aparelho mostra valores encontrado de 0.772. (CHRZANOWSKI, 2010).

Esse valor é o valor médio com os cálculos:

$$\frac{FP=3611152}{4667752} = 0.772 \quad (1)$$

$$4667752 \quad (2)$$

Mostra-se um valor incorreto antes de ser feita a manutenção nos bancos de capacitores. Como mostra os cálculos o fator de potência está incorreto conforme a norma. O sistema do modo que está mostra que o mesmo está indutivo. Isso requer que seja injetada uma carga capacitiva, para poder readequar até o valor permitido por norma. (CHRZANOWSKI, 2010).

Para poder readequar o sistema, os capacitores têm que ser todos revisados, sendo trocados os quais estão com ponto de interrogação, por estar queimados, com valor zero, corrigindo-os que estão com defasagem nas correntes e corrigindo os capacitores que também estão com a carga reativa inadequada, é possível provar que os valores estabelecidos por norma, ou estabelecido para o pior caso, podendo sim adequar a empresa a norma sem haver mais problemas. (DINIZ, 2013).

Feito toda a revisão no bando de capacitores, pode vir a começar a corrigir o sistema. Como mostra o gráfico de simulação de acréscimo de fator de potência o valor mostrado no gráfico pode ser mostrado por conta feita também a mão, retirando o valor da potência reativa junto com a inserção potência de 138 KW se obtém uma potência ativa de 515231 KW. (GOMES, 2014).

Tem-se o valor de potência ativa total do sistema no qual é 515231 KW mais a carga capacitiva injetada de 200KVAR na qual precisa, pode vir a descobrir a potência aparente usando a fórmula abaixo. (DINIZ, 2013).

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{((515231)^2) + 200000^2} \quad (2)$$

$$S = 552687 \text{ KVA} \quad (3)$$

Com o valor descoberto da potência aparente, consegue descobrir o valor do fator de potência permitido conforme a norma. Gomes (2014), afirma que foi estipulado como o pior caso um valor de 0,94. Esse valor foi usado para o pior caso de defasagem no sistema da empresa, e com a fórmula mostrada abaixo calcula finalmente o objetivo que se quer. Onde os valores são mostrados abaixo:

$$\frac{P(W)}{S(VA)} \quad (1)$$

$$S(VA) \quad (2)$$

$$FP = \frac{515231}{552687} \quad (1)$$

$$FP = 0,9322 \quad (1)$$

O valor obtido é um valor que aproxima do 0,94, pois o cálculo que o software faz, é muito mais preciso. (GOMES, 2014).

4.1 Dados coletado no analisador

Os dados coletados durante o período de análise com auxílio do software ANL6000, versão 2.0 mostrou uma pequena diferença entre eles, mas os valores foram considerados fora da norma estabelecida, pois os valores foram abaixo do permitido vindo assim causar uma potência indutiva na linha gerando um aquecimento, atraso da corrente em relação a tensão, entre outras coisas. (FLIR, 2011).

Esse tipo de causa de oscilação de tensão pode ter vários fatores como, oscilação da rede de alimentação, cabos mal dimensionados para a demanda a ser consumida, cabos de alimentação muito velhos, um fator de potência não ideal para a demanda consumida no tal momento, o mau funcionamento do equipamento, entre muitas outras coisas. (FLIR, 2011).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi apresentado um estudo bibliográfico que verificou uma disponibilidade de 150 kW (180 KVA - FP= 0,8) no transformador de 750kVA. Segundo as cargas enviadas, relação anexada, temos a inserção de mais 138kW no sistema atual, o transformador suporta o adicional de carga, por isso deve solicitar a correção imediata do fator de potência do transformador para alívio de carga.

No ponto de medição tinha uma boa qualidade de energia sem apresentação de harmônicas significativas. Sendo encontrado um baixo fator de potência de 0,8, necessitando de correção. Por isso, deve ser instalada uma carga 200kVA capacitiva, já que considera um fator de potência de 0,94 para a pior hipótese.

Foi verificado na instalação um banco de capacitor chaveado. Antes da instalação do banco de 200kVA, e seria necessário a verificação das condições dos capacitores, realizar as manutenções e ou substituições com uma nova medição de fator de potência, considerando uma nova análise de defasagem reativa e capacitiva.

Sendo assim, o presente estudo concluiu seu objetivo apresentando a importância da inspeção termográfica em subestação de energia para prevenção de problemas que uma empresa pode ter. Além do trabalho contribuir para o meio acadêmico e profissionais da área de engenharia elétrica trazendo mais informação importante.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- ANICETO, D. M. **Importância da correção do fator de potência**. Especialize, São Paulo, v. 5, n. 8, p.1-17, 20 jun. 2018.
- ALEXANDER, C; SADIKU, N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2013.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/historico-da-aneel/pop_up?_101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6_viewMode=print&_101_INSTANCE_zXQREz8EVIZ6_languageId=pt_BR Acesso em: 20 out. 2022.



- ABNT/NBR 5410 **Instalações elétricas de Baixa tensão**. 2008. Disponível em: http://www.jfeletrica.com.br/admin/obj_file/arquivo/5_nom_arquivo_instalacoeseltricasnbr054101997.pdf. Acesso em: 21 out. 2022.
- ABNT/NBR 14039 **Instalações elétricas de média-tensão**. 2004. Disponível em: https://www.inesul.edu.br/site/documentos/instalacoes_eletricas_residenciais/normas/nbr_14039_instalacoes_eletricas_media_tensao.pdf Acesso em: 25 out. 2022.
- ABNT/NBR 5419 – **Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas**. 2001. Disponível em: <http://www.comservicefire.com.br/docs/Para-raios/NBR%205419%20-%20Para-raios.pdf> Acesso em: 25 out. 2022.
- BOYLESTAD, R. L; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônico e Teoria de circuitos**. Ed. Prentice Hall. ed.8°. 2004.
- BRAIDOTTI JUNIOR, J. W. **A falha não é uma opção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2013.
- CAPELLI, A. **Energia Elétrica: Qualidade e eficiência para aplicações industriais**. São Paulo: Saraiva, 2017. 272 p.
- CASTRO, A. M. **A Gestão do Conhecimento, como ferramenta à Manutenção Produtiva Total, TPM - Total Productive Maintenance**. In: Congresso ADM, 1., 2014.
- CODI – Comete de Distribuição de Energia Elétrica. **Manual de Orientação aos Consumidores de energia reativa excedente**. 2004. Disponível em: <http://www.edp.com.br/distribuicao/edp-escelsa/informacoes/grandes-clientes/normas-e-manuais/Documents/Manual%20de%20Orienta%C3%A7%C3%A3o%20Energia%20Reativa%20Excedente.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.
- CREDER, H. **Instalações Elétrica**. 15ª ed. Ed. LTC. 2007.
- CHRZANOWSKI, K. **Testing Thermal Imagers – Pratical GuideBook**. Warsaw: Military University of Technology, 2010. ISBN: 978-83-61486-81-7
- DECKMANN, S. M. **Compensação Estática de Reativos: Uma Solução para Problemas de Operação de Sistemas Elétricos**. SBA: Controle & Automação, Campinas, 1987.
- DECRETO Nº 62.724, DE 17 DE MAIO DE 1968. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D62724.htm Acesso em: 28 out. 2022.
- DECRETO Nº 75.887, DE 20 DE JUNHO DE 1975. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D75887.htm Acesso em: 20 out. 2022.
- DECRETO Nº 479, DE 20 DE MARÇO DE 1992. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1990-1994/D479.htm Acesso em: 21 out. 2022.
- DINIZ, H. E. P. **Termografia Quantitativa como Ferramenta de Gestão de Ativos do Sistema Elétrico de Potência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte. 2013.
- DUALIBE, P. **Capacitores: Instalação e correção do fator de potência**. São Paulo, 2018.
- EMBRASUL - **Analizador de Energia RE6000**. 2015 Disponível em: http://www.embrasul.com.br/painel/pdf/Cat%C3%A1logo_RE6000_v05r00_pt_HR.pdf Acesso em: 25 out. 2022.
- FILHO, A. N. B. **Projeto e Desenvolvimento de Produtos**. 1. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- FLIR. **Application history - Thermal imaging cameras for electric substation monitoring**. FLIR. [S.l.]. 2011.
- GOMES, S. C. J. **Projeto Estrutural de um Sistema Autônomo para Inspeção em Subestações de Distribuição de Energia Elétrica**. Monografia (Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Belo Horizonte. 2014.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.
- MARTINHO, E. **Distúrbio da energia elétrica**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 142 p.
- MENEGON, N. L; ANDRADE, R. S. **Projeto do Produto em Engenharia de Produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, v. 12, n. 12, p.1-7, set. 1998.
- NASSAR, W. R. **Apostila do Curso de Manutenção em Máquinas e Equipamentos** – UNISANTA, São Paulo: 2005.
- NR 10 – **Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. 2004. Disponível em: http://www.ccb.usp.br/arquivos/arq pessoal/1360237189_nr10atualizada.pdf. Acesso em: 29 out. 2022.
- SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In:

XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física Para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009.

VIEIRA, A. C. G. **Manual de Correção do Fator de Potência**. Rio de Janeiro: CNI, 1977.

WEG Automação S.A. **Manual para Correção do Fator de Potência**. Jaraguá do Sul – SC. 2016. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf> Acesso em: 20 out. 2022.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998.



15

CRESCIMENTO DO USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA *GROWTH IN THE USE OF PHOTOVOLTAIC ENERGY*

Diogo Fernandes Maia

Resumo

O título “Crescimento do uso da energia fotovoltaica” está intrinsecamente ligado ao fato das fontes de energia tradicionais estarem se esgotando e causando prejuízo ao meio ambiente, degradando o planeta a longo prazo. Desse modo, há uma busca constante por novas alternativas, que acabam por se configurar em oportunidades de negócios. A utilização das novas tecnologias tem propiciado a utilização de novos materiais e equipamentos para tornar viável a exploração da energia fotovoltaica em escala comercial no Brasil. Essa pesquisa bibliográfica tem por objetivo geral analisar a viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico para suprir as necessidades de iluminação interna e externa de indústrias e empresas. Como objetivos específicos, apresentar iniciativas de produção de energia fotovoltaica; levantar formas de aperfeiçoamento da legislação brasileira se necessário; estudar sobre painéis solares, para melhor aplicação em custo benefício; investigar sobre painéis solares com relação a eficiência energética e custos. As tecnologias de automação do sistema de geração de energia são custos extras quando de sua aquisição para a utilização em sistemas fotovoltaicos, mas buscam propiciar um melhor desempenho na geração de energia para compensar o investimento inicial.

Palavras-chave: Ambiente. Energia Fotovoltaica. Novas Tecnologias.

Abstract

The title “Growth in the use of photovoltaic energy” is intrinsically linked to the fact that traditional energy sources are running out and causing damage to the environment, degrading the planet in the long term. Thus, there is a constant search for new alternatives, which end up becoming business opportunities. The use of new technologies has led to the use of new materials and equipment to make it feasible to exploit photovoltaic energy on a commercial scale in Brazil. This bibliographical research has as general objective to analyze the feasibility of implantation of the photovoltaic system to supply the needs of internal and external lighting of industries and companies. As specific objectives, adhere to photovoltaic energy production initiatives; raise ways to improve Brazilian legislation if necessary; study about solar panels, for better cost-effective application; Investigate solar panels in terms of energy efficiency and cost. Power generation system automation technologies are extra costs when they are acquired for use in photovoltaic systems, but seek to provide better performance in power generation to offset the initial investment.

Keywords: Environment. Photovoltaics. New technologies.

1. INTRODUÇÃO

O mundo enfrenta uma onda de consumo crescente causadora de impactos ambientais e sociais devido à utilização de fontes de energia tradicionais que provocam desconforto ao governo e à sociedade em geral. Para refrear essa tendência suicida, o mundo todo se move para pensar em novas alternativas (SOUZA, 2015).

Dessa forma, a busca de fontes alternativas de energia torna-se uma necessidade e abre novas oportunidades de negócios. Aumentam as iniciativas governamentais e da iniciativa privada, direcionando altos investimentos a esses nichos de mercado em expansão. Há um compromisso ético em frear a emissão de toneladas de gás carbônico na atmosfera e o debate sobre os impactos causados pela dependência nos combustíveis fósseis contribui para a busca mundial por soluções sustentáveis na geração de energia oriunda de fontes limpas e renováveis (TESSARO, 2005).

A revolução tecnológica iniciada com a Revolução Industrial inglesa continua a gerar mudanças e criar oportunidades em todos os setores da economia, pois a cada dia surgem necessidades diferentes. Nesse contexto, as fontes de energias renováveis ganham status privilegiado para alimentar a indústria crescente, a sofisticação da vida moderna e os meios de transportes que têm que adaptar-se ao desenvolvimento sustentável e à responsabilidade ecológica (SOUZA, 2015).

Um importante fator de escolha é a eficiência do painel fotovoltaico, porém, existem outros aspectos a serem analisados, tais como, a integração com a edificação, custo dos painéis, desgaste e outras implicações técnicas. Marinoski, Salamoni e Rütther (2004) conclui, sendo algo importante para ser dimensionado para obter dados de custo e eficiência para o trabalho.

Qual a importância do uso de energias limpas, em especial, a energia fotovoltaica no Brasil?

O objetivo geral dessa pesquisa é investigar a implantação do sistema fotovoltaico para suprir as necessidades de iluminação interna e externa. Como objetivos específicos, foram definidos: apresentar iniciativas de produção de energia fotovoltaica; levantar formas de aperfeiçoamento da legislação brasileira se necessário; estudar sobre painéis solares, para melhor aplicação em custo benefício; investigar sobre painéis solares com relação a eficiência energética e custos.

Com os painéis fotovoltaicos cada vez menores e mais eficientes, se tornam cada vez mais uma atração para energia renovável residencial, dando também o incentivo de uma produção de energia a mais do que a necessária da própria residência, tornando viável a venda para a rede (MONTEIRO, 2014).

Conforme descrito por Monteiro (2014), a legislação em Portugal, no setor da produção solar, incentiva a produção da energia descentralizada, com estímulos à Microprodução e Miniprodução, bem como o estímulo à produção centralizada ao nível das centrais fotovoltaicas, com instrumentos jurídicos, mecanismos e remunerações que possibilitem o aproveitamento deste recurso e atraia o investimento de uma forma simples e transparente (MONTEIRO, 2014).

Tornando algo plausível para um comparativo para ajudar a incentivar a tecnologia para ser aplicada no Brasil. Um comparativo entre a energia convencional e a energia solar, a energia solar não necessita ser extraída, refinada e nem transportada para o local da geração, o qual é próximo à carga, evitando também os custos com a transmissão em alta

tensão. Utiliza células solares, responsáveis pela geração de energia, e um inversor para transformar a tensão e frequência para os valores nominais dos aparelhos. Este processo é mais simples, sem emissão de gases poluentes ou ruídos e com necessidade mínima de manutenção (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

Os dados foram buscados em fontes *online* em artigos científicos, dissertações e fontes impressas como livros e dissertações disponíveis em bibliotecas de faculdades.

A seleção do material foi realizada tendo em conta uma busca de autores mais renomados e *sites* mais específicos ligados a institutos de pesquisa e universidades de modo a coletar os autores que venham desenvolvendo estudos atuais sobre o assunto.

A metodologia da pesquisa bibliográfica é limitada no sentido de coletar apenas obras publicadas em bases *online* ou bibliotecas físicas, mas por outro lado, possibilita uma pesquisa ampla em autores com distintas visões sobre o tema.

Após a escolha do tema, elaboração da pergunta-problema, dos objetivos, das hipóteses, foi realizado um levantamento bibliográfico, utilizando fontes bibliográficas diversas, tais como livros, revistas especializadas nacionais e internacionais, *sites* institucionais; foi realizada a leitura e a seleção das referências bibliográficas e elaboradas as resenhas para confeccionar o capítulo teórico da pesquisa.

2. BREVE HISTÓRICO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Dando início à revisão de literatura Cabello e Pompermayer (2013) mencionam que um sistema com geração distribuída seria aquele em que há diversos microgeradores dispersos na rede elétrica, além da geração centralizada e poderiam ou não estar interligados à rede.

A tecnologia fotovoltaica apresenta-se como uma das melhores opções para fornecer eletricidade às comunidades rurais isoladas, e é largamente utilizada em outros países (COSTA; ECK, 1998). Segundo ao tópico, mostra que além da microgeração e minigeração, tem a opção do sistema de painel fotovoltaico não ser ligado à rede, ajudando as áreas em que o acesso de energia é restrito, fornecendo energia tanto para uma simples residência como também a uma cidade.

Embora seja uma facilidade ter um sistema fechado, ou seja, que não está ligado à rede de energia, o sistema que é ligado à rede de energia, segundo Lorenzo (1994), faz com que o consumidor-gerador pode trocar energia com a rede, como injetar, ou seja, vender, a energia nos momentos que sua geração é superior ao seu consumo e extrair, ou seja, comprar, a energia da rede no caso contrário.

Para um sistema fotovoltaico Barbosa, Silva e Melo (2007) dizem que os parâmetros tradicionais que vêm sendo monitorados são: recurso solar, tensão e corrente no banco de baterias e do gerador fotovoltaico, potência elétrica solar total produzida, consumida pela carga e injetada na rede, os quais serão abordados para especificar cada componente dentro do sistema.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), desde 1995 até 2014 o Brasil tem um crescimento médio no consumo de energia elétrica de 3,84% ao ano, visando este dado, mostra que se não aumentar o número de geração de energia elétrica, o seu custo tende a aumentar, por conta do mercado de oferta e demanda, e ao mesmo tempo tendo noção que nossas fontes de energia, no caso das hidrelétricas, a água, uma fonte que em vezes é limitada (BRASIL, 2019).

Marinoski, Salamoni e Rütther (2004) fala que o aumento da demanda energética é resultado do crescimento da população mundial, associado ao desenvolvimento tecnológico e industrial e as fontes de energia utilizadas têm volumes limitados e poderão se esgotar em um horizonte de algumas décadas. E em questão de problemas ambientais a redução de possibilidades energéticas, principalmente das originadas do petróleo, que é uma fonte de energia versátil, e as fontes de energia que substituirão as atuais nucleares, geotérmicas, solares, biomassa e outras, deverão, nas próximas décadas, ajustar-se as necessidades de utilizações.

O Sol é responsável pelo desenvolvimento e manutenção da vida na Terra, e pode ser visto, de acordo com a escala de tempo e com os atuais níveis de consumo energético, como uma fonte de energia inesgotável diz Galdino et al. (2001), sendo o sol uma solução ao Brasil de aumentar sua geração de energia elétrica, Galdino et al. (2001) também diz que o Brasil tem uma vantagem significativa sobre os países desenvolvidos no que tange à utilização de energia solar, pois localiza-se numa faixa de latitude na qual a incidência de radiação solar é muito superior à verificada naqueles países.

A EPE divulgou que o consumo de energia elétrica na classe residencial possuía um valor de 7,3% acima do resultado obtido há um ano. Tal elevação se dá em função da existência de um mercado aquecido nos últimos anos e pela oferta de crédito ao consumidor, que contribui no estímulo a aquisição de aparelhos elétricos e, conseqüentemente, no maior consumo de energia (CABRAL; VIEIRA, 2012). Ou seja, com a demanda de energia aumentando, é uma forma de motivar o aumento da geração de energia, sendo assim comprova que sempre terá demanda no mercado de microgeração e minigeração.

Energia significa capacidade de se realizar trabalho. O homem, por exemplo, emprega energia muscular para fazer determinado trabalho; as máquinas de uma indústria necessitam de energia para realizá-lo (HOPPE, 2009). As fontes de energia primária, ou seja, as que são fornecidas pela natureza são classificadas em renováveis e não-renováveis.

As renováveis são assim denominadas porque são fontes inesgotáveis resultantes da exploração de fonte solar, hidráulica, eólica, maremotriz dos mares e oceanos e energia das ondas, matérias orgânicas (biomassa), calor da Terra (energia geotérmica) e as não-renováveis são aquelas que se esgotam com o uso, porque advêm de recursos finitos, compreendendo os minerais energéticos e radioativos, como carvão mineral, petróleo, xisto, urânio e tório (BERTOLI, 2012). Pode-se classificar, também, as fontes de energia em antigas ou arcaicas (força muscular animal e humana, fogo etc.), modernas (carvão mineral, petróleo, hidroeletricidade e energia nuclear) e alternativas (energia solar, eólica, das marés e outras) de acordo com Hoppe (2007).

As energias renováveis são energias alternativas ao tradicional modelo energético, devido a sua disponibilidade garantida, diferente dos combustíveis fósseis que precisam de milhares de anos para a sua formação. As renováveis causam menor impacto ambiental e são provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar – fonte primária de praticamente toda energia disponível na terra. Isso explica sua inesgotabilidade (BRASIL, 2019).

A energia primária consiste no potencial dos recursos que brotam e são extraídos pelo homem da natureza. Segundo Guadagnini (2006), o primeiro grupo das fontes de energia primária – as não-renováveis – corre o risco de se esgotar porque elas são utilizadas em uma escala maior do que o tempo necessário para sua reconstituição; estes são os casos dos combustíveis fósseis e dos radioativos.

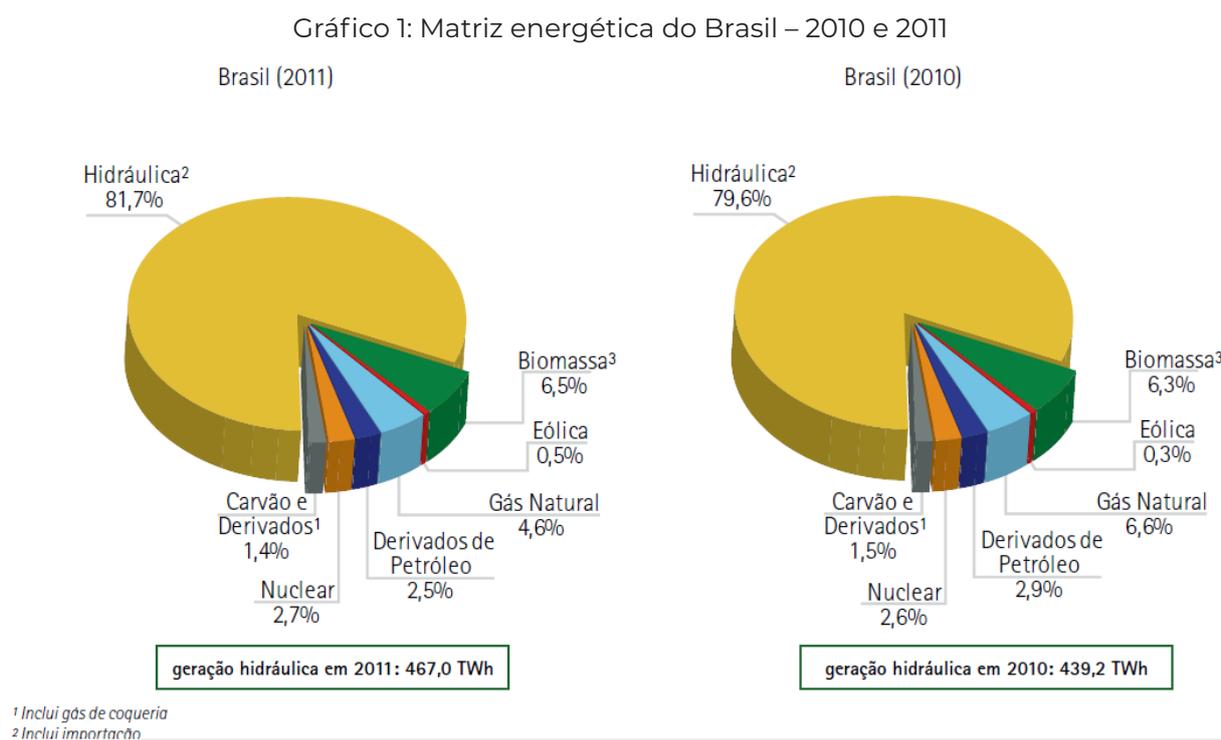
O segundo grupo das fontes de energia primária é composto pelas renováveis, que, por sua vez, podem ser divididas entre as permanentemente disponíveis, como o sol, os

rios, mares, ventos ou aquelas que os seres humanos podem manejar de acordo com a necessidade, como a biomassa obtida da cana-de-açúcar, da casca do arroz, de resíduos animais, humanos e industriais. O resultado da conversão da energia primária, de fontes renováveis ou não, em calor, força, movimento etc., é chamado de energia secundária ou energia derivada processada em usinas, destilarias, refinarias. Já a energia utilizada pelos consumidores residenciais ou industriais, na cidade ou no campo, é denominada energia final e alguns exemplos facilmente reconhecidos são eletricidade, gasolina, óleo e gás (GUADAGNINI, 2006).

2.1 Energia Solar

A energia Solar é uma excelente alternativa para um país como o Brasil que o recebe plenamente, na maior parte do ano, além de ser uma energia limpa, sem emissão de poluentes, muito pelo contrário. A energia solar pode ser transformada em elétrica por meio de painéis com células fotovoltaicas ou solares e armazenada em bancos de bateria para ser usada quando melhor aprover: em período de baixa radiação, durante a noite (BRASIL, 2012).

No entanto, nota-se que a produção de energia fotovoltaica no Brasil é tão inexpressiva que não aparece no quadro da Matriz Energética do ano de 2011, conforme se observa no Gráfico 1:



Fonte: Brasil, 2012

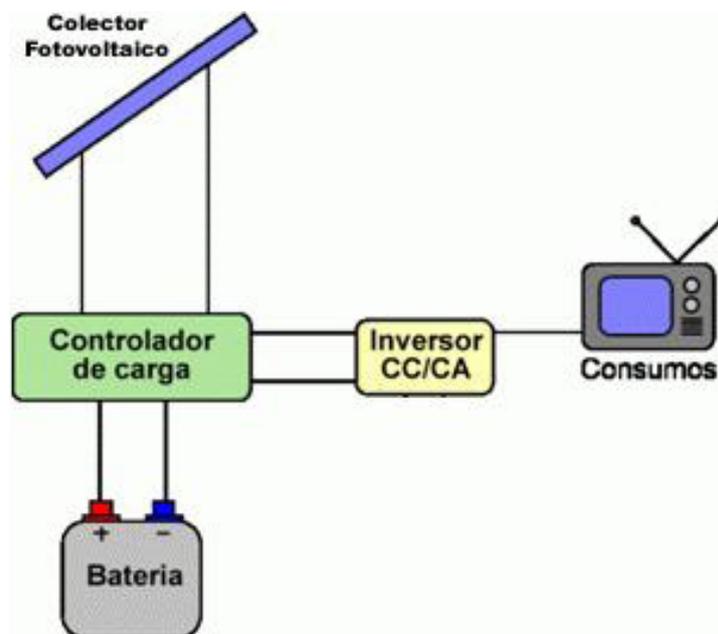
A energia solar pode ser utilizada diretamente para o aquecimento de água, poupando energia elétrica ou para gerar energia elétrica que por si constitui-se em uma “energia limpa, não poluente, confiável, racional, que não requer manutenção e não consome nenhum combustível. Por essas razões, pode ser utilizada em inúmeras aplicações” (PINTO JÚNIOR, 2007, p. 3). Tem como desvantagem a exigência de altos investimentos iniciais para o seu aproveitamento, mas é compensador quando sabe-se que para cada um metro quadrado de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras

férteis com hidrelétricas – recurso comum no Brasil.

Em um sistema fotovoltaico o custo maior é representado pelo painel, que pode ser feito de silício. Existem vários tipos de células fotovoltaicas feitas a partir de silício (silício monocristalino, policristalino e silício amorfo). “O que varia de um para outro? O silício monocristalino é o mais eficiente e o mais caro, assim o silício amorfo é o menos eficiente e o mais barato. As eficiências que se obtém do uso de uma célula fotovoltaica de silício monocristalino são da ordem de 15%. Significa que de 1 kW/h, que incida em 1 metro quadrado de célula fotovoltaica, conseguirei gerar somente 0,15 kW/h de energia elétrica, embora o máximo teoricamente seja 30%” (PINTO JÚNIOR, 2007, p. 3).

Diversas pesquisas pelo mundo afora estão buscando aumentar mais e mais a eficiência das células fotovoltaicas. Pinto Júnior (2007) explica como é o controlador de carga no sistema fotovoltaico e qual é o seu funcionamento: “(...) é um elemento fundamental para proteger a bateria. O que acontece? Quando tenho sol e a bateria não atingiu a sua carga máxima, a corrente gerada pelo painel fotovoltaico, ela pode ser usada parte para carregar a bateria e parte para alimentar as cargas. Se a minha bateria já estiver totalmente cheia, não posso permitir que o painel tente jogar mais correntes na bateria. Então o controlador de carga é basicamente um dispositivo que serve para garantir que a bateria esteja trabalhando sempre dentro dos seus limites operacionais, ela não pode ter carga demais nem de menos. O controlador de carga é responsável por isso, para garantir a integridade da bateria” (PINTO JÚNIOR, 2007, p. 4).

Figura 1: Sistema Fotovoltaico de geração de energia elétrica



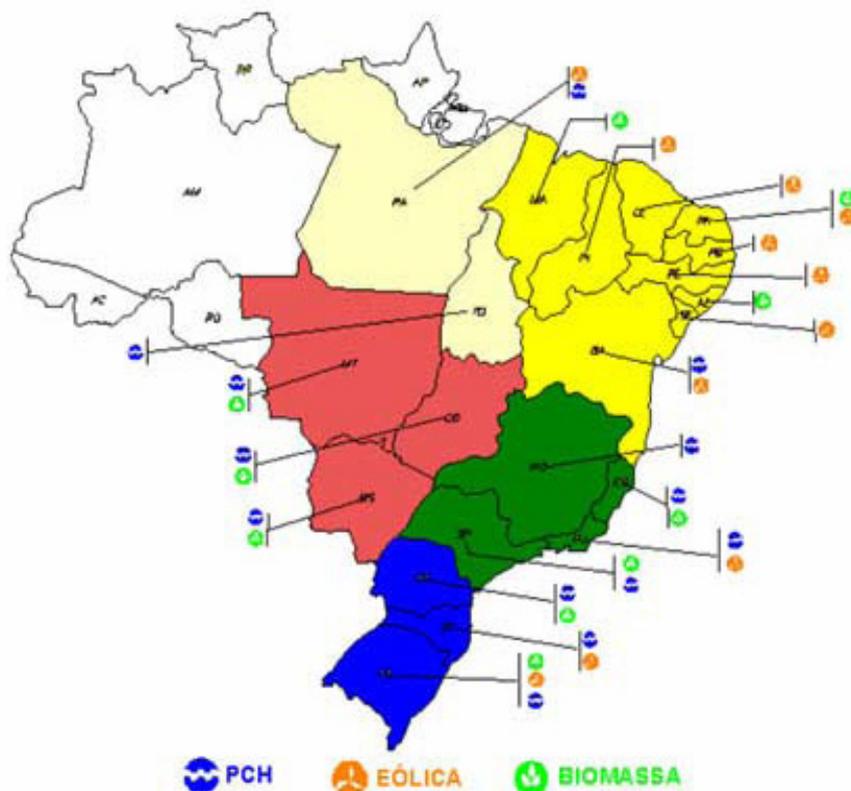
Fonte: Pinto Júnior, 2007

A bateria existe para quando não se tiver mais sol, pois havendo energia, a bateria alimentará a carga do consumidor. Já o papel do inversor é basicamente transformar a corrente contínua em corrente alternada (PINTO JÚNIOR, 2007).

Segundo Gomes e Vieira (2009), o aumento do preço do petróleo e o desentendimento na questão do gás natural entre Brasil e Bolívia ocorrido em 2006, demonstram a fragilidade das nações dependentes de combustíveis fósseis para a geração de energia. Segundo pesquisa do Laboratório de Engenharia de Processos e Tecnologia de Energia (Lepten), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o Brasil é um dos países com as condições naturais necessárias para o desenvolvimento de alternativas renováveis, como as energias

solar, eólica e a biomassa. Entretanto, ainda é muito deficiente na interação entre quem desenvolve o conhecimento e quem determina sua aplicação (GOMES; VIEIRA, 2009).

Figura 2: Mapa de Energias Renováveis no Brasil – 2005



Fonte: Gomes e Vieira, 2009

Determinante para a descoberta de alternativas e para a implantação de políticas estratégicas para o setor, o diálogo está presente em países como a Coréia do Sul e a China, locais onde a pesquisa é mantida com recursos públicos e privados, já com vistas à sua aplicação (GOMES; VIEIRA, 2009).

São raras as vezes em que se consegue explorar mais da metade do volume total de óleo em um reservatório, por uma série de dificuldades inerentes ao processo de recuperação, utilizando os recursos tecnológicos hoje existentes.

Estão sendo desenvolvidas novas tecnologias capazes de recuperar o restante do óleo que não tem a sua drenagem viabilizada economicamente com os recursos tecnológicos atuais, sendo a principal proposta da estatal brasileira para a extração de petróleo em águas profundas, a técnica conhecida como “*subsea to shore*”, ou “do fundo do mar para a praia”, com a finalidade de aumentar a produção, tendo como maior desafio não serem mais necessárias as plataformas na superfície da água. Esse conceito envolve uma série de tubos, bombas, medidores e sistemas de extração que liguem uma plataforma instalada no fundo do mar à praia, enquanto um profissional controla todo o processo de maneira remota em terra. Foi apresentado no simpósio, o projeto de uma bomba multifásica submarina desenvolvida pela Petrobras, prevista para ser instalada no campo de Marlim, na bacia de Campos, no Rio de Janeiro, marcando a utilização do tipo de tecnologia que ajuda a formar uma nova cultura de exploração dos campos, com maior automação e um perfil mais integrado de produção (GUADAGNINI, 2006).

A energia Solar é uma excelente alternativa para um país como o Brasil que o recebe plenamente, na maior parte do ano, além de ser uma energia limpa, sem emissão de po-

luentes, muito pelo contrário. A energia solar pode ser transformada em elétrica por meio de painéis com células fotovoltaicas ou solares e armazenada em bancos de bateria para ser usada quando melhor aprover: em período de baixa radiação, durante a noite, por exemplo. “A conversão direta de energia solar em energia elétrica é realizada nas células solares através do efeito fotovoltaico, que consiste na geração de uma diferença de potencial elétrico através da radiação. O efeito fotovoltaico ocorre quando fótons (energia que o sol carrega) incidem sobre átomos (no caso átomos de silício), provocando a emissão de elétrons, gerando corrente elétrica. Este processo não depende da quantidade de calor, pelo contrário, o rendimento da célula solar cai quando sua temperatura aumenta” (BERTOLI, 2012, p. 2).

O uso de painéis fotovoltaicos para conversão de energia solar em elétrica é comumente utilizado com viabilidade em pequenas instalações, em regiões remotas ou de difícil acesso; por exemplo, é muito utilizada para a alimentação de dispositivos eletrônicos existentes em foguetes, satélites e mesmo em astronaves. Neste sistema, a fotocélula transforma energia do sol em energia elétrica, enquanto nos aquecedores solares utilizados em residências há serpentinas por onde a água passa e é aquecida e depois vai para um reservatório que a mantém aquecida para ser utilizada em banhos e para lavar louça.

No Brasil tem sido usado, em escala significativa e com sucesso, o aquecedor solar para utilizar a água quente, principalmente em residências, poupando energia elétrica com chuveiros, grandes vilões de energia que oneram as contas de energia elétrica. Mas um potencial inexplorado no Brasil, no que tange à energia solar, pois como argumenta Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB) (*apud* BERTOLI, 2012, p. 18):

“O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia.

Trata-se de um valor considerável, correspondendo a 10.0 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia (térmica, elétrica etc.)”.

2.2 Características do módulo fotovoltaico

Segundo Albuquerque (2012) a tensão de saída mais adequada é obtida quando as células são conectadas em série formando o módulo fotovoltaico, que, normalmente, operam com valores múltiplos de 12 V para alcançar a condição de operação máxima. O objetivo norteador para a disposição das células é sua conexão em número suficiente de modo “a manter a tensão de potência máxima – VM com uma confortável variação de tensão do sistema para as condições médias de insolação. Se isso for feito, a potência de saída do módulo pode ser mantida bem próxima do máximo”. Tomadas essas providências, provavelmente a potência de saída do módulo manter-se-á próxima do máximo. “Isto significa que, abaixo das condições de insolação total, VM deve estar aproximadamente entre 16 e 18 V. Como VM é normalmente cerca de 80% da tensão de circuito aberto (VOC), sugere-se projetar o módulo com um VOC de aproximadamente 20 V. Como as células de silício monocristalino possuem tensão de circuito aberto variando de 0,5 a 0,6 V, os módulos devem consistir de 33 a 36 células conectadas em série (ALBUQUERQUE, 2012, p. 46).

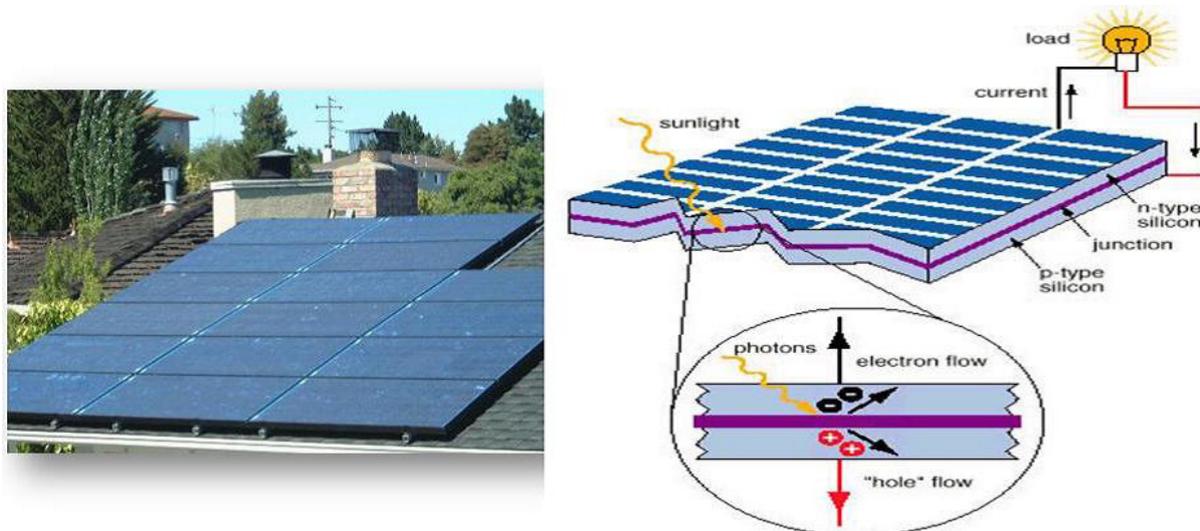
Albuquerque (2012) sugere que os módulos fotovoltaicos tenham que possuir entre 33 a 36 células conectadas em série. “Os módulos podem ter pequena potência de saída, desde poucos watts, dependendo da necessidade de aplicação, até mais de 300 V. Em geral, Sistemas FVs típicos variam de dezenas de watts de potência até a quilowatts.

Segundo Braga (2008) os principais fatores que afetam as características elétricas de painéis fotovoltaicos são a temperatura das células e a intensidade luminosa, porque a corrente gerada pelos módulos fotovoltaicos aumenta proporcionalmente ao aumento da intensidade luminosa. “A condição padrão para plotagem das curvas características dos módulos é definida para uma radiação solar 1000 W/m² e temperatura de 25°C na célula. O aumento da temperatura na célula faz com que a eficiência do módulo caia, baixando assim os pontos de operação para potência máxima gerada” (BRAGA, 2008, p. 29).

Quanto à intensidade luminosa, o painel de energia fotovoltaica aproveitará mais intensamente o potencial da luz solar, se ele movimentar-se na direção do sol durante todo o dia, acompanhando os movimentos translacional e rotacional da terra, já que o movimento do sol é apenas aparente. “O sol possui movimento aparente no céu de acordo com a hora do dia e como o dia do ano. Para receber maior intensidade luminosa é necessário fazer o acompanhamento desses movimentos. Entretanto, os módulos normalmente são instalados em posição fixa, devido ao elevado custo dos equipamentos que permitem sua movimentação (seguidores ou *trackers*). Dessa forma, é fundamental determinar a melhor inclinação para cada região em função da latitude local e das características da demanda” (BRAGA, 2008, p. 29).

Os painéis fotovoltaicos convencionais são vítimas da falta de mobilidade, porque são construídos de modo a permanecer fixos; são compostos de células fotovoltaicas para captar a energia solar e transformá-la em energia elétrica. Na Figura 3, observam-se módulos fotovoltaicos tradicionais e o modo de funcionamento das células fotovoltaicas.

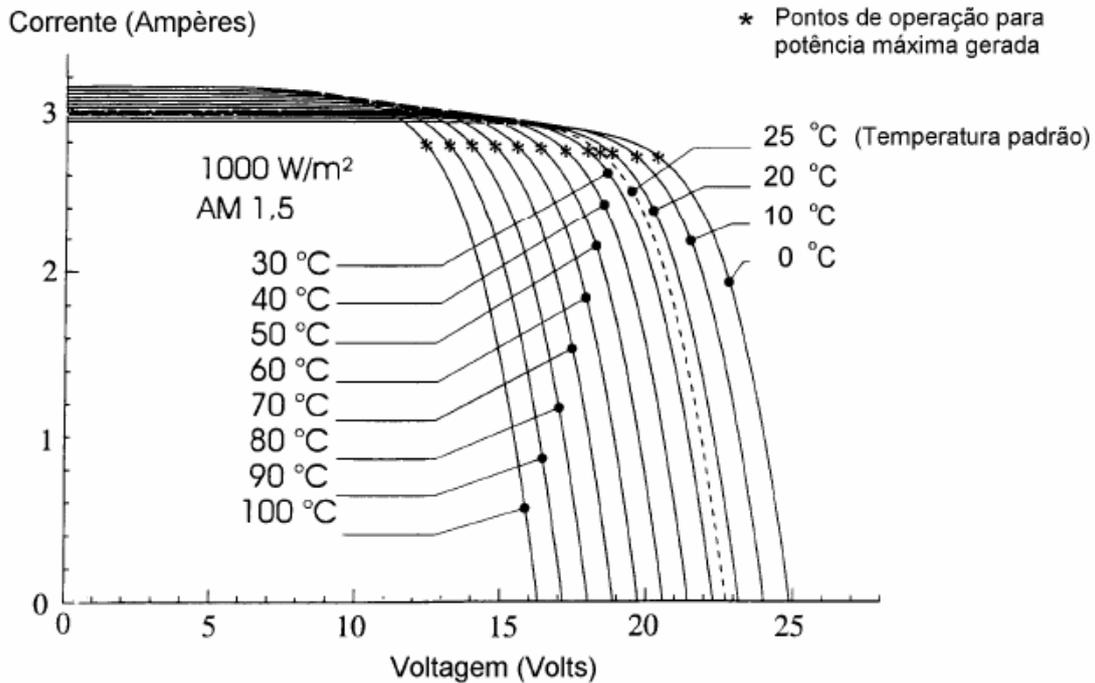
Figura 3: Módulos fotovoltaicos convencionais e esquema de funcionamento das células fotovoltaicas



Fonte: Figueiredo, 2010

Quanto à temperatura das células, que é o segundo aspecto que determina as características elétricas dos painéis fotovoltaicos, temos um movimento adverso: à medida em que aumenta o nível de insolação que eleva a temperatura da célula, cai a eficiência do módulo, conforme se observa no Gráfico 2.

Gráfico 2: Efeito causado pela temperatura na célula na curva característica IxV (para 1000 W/m²) em módulo fotovoltaico de silício cristalino



Fonte: Braga, 2008

A elevação da temperatura do módulo depende do material com que é produzido o módulo. O silício amorfo é um material que recebe menos influência da temperatura na potência máxima, mas mesmo cai o seu desempenho com relação à produção de energia. Tal fenômeno é explicado pelo fato de a tensão diminuir com o aumento da temperatura quando a corrente sofre elevação quase desprezível, segundo Braga (2008).

Figura 4: Exemplo de seguidores solares com tecnologia SunGravityControl



Fonte: Figueiredo, 2010

Segundo Figueiredo (2010), o controlador robótico, que é a caixa branca que aparece na Figura 4, utiliza tecnologia *SunGravityControl*, que foi desenvolvida pela WS Energia de Portugal. O controlador é utilizado para calcular a posição do Sol valendo-se de um relógio interno; assim, “mede a orientação dos módulos com um acelerômetro de 3 eixos, e alimenta os motores com *UltraCaps* (ultracondensadores com densidades de energia extremamente elevadas) que posicionam os seguidores com extrema precisão”. “Os seguidores são desenhados quer para aplicações comuns (parques solares construídos no solo) quer para aplicações de elevada precisão (concentração). Estes são designados de acordo com a sua área de superfície, sendo produzidos dois modelos: o se-

guidor solar WS T 1000 e o Seguidor solar WS T 1600” (FIGUEIREDO, 2010, p. 8).

Oliveira (2008) desenvolveu uma pesquisa sobre a montagem de rastreador (seguidor) solar azimutal em módulos fotovoltaicos, comparando a performance desse sistema móvel com um fixo para averiguar os ganhos de um sobre o outro. Segundo o autor: “Os parâmetros monitorados para comparação foram: corrente fotogerada pelo sistema fixo e móvel, irradiância sobre o conjunto fixo e móvel, radiação global e temperatura dos módulos. Ambos os sistemas foram montados com inclinação igual à latitude local (30°). O ganho energético com a utilização do seguidor azimutal chegou a 24% em dias de céu parcialmente limpo, quando ocorre alto índice de radiação direta” (OLIVEIRA, 2008, p. 7).

Oliveira (2008) desenvolveu o seguidor solar nos laboratórios da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, setor de Energia Solar, sendo que toda a estrutura mecânica e o controle eletrônico composto por hardware e software também foi desenvolvido nestes laboratórios. “O seguimento solar é realizado a cada 15 minutos (3,75°); um sensor óptico com haste de sombreamento determina se o conjunto está voltado para o Sol. A posição de retorno (leste) no final do dia, ½ dia (norte) e final de curso (oeste) é determinada por sensores magnéticos. O aumento de produtividade alcançado pelo conjunto com seguimento solar em períodos fora do central (das 11h às 13h) chegou a 38% em relação ao fixo” (OLIVEIRA, 2008, p. 1).

Segundo Oliveira (2008), a utilização de rastreadores solares têm crescido por todo o mundo devido à diminuição dos custos com a entrada de novas tecnologias nestes equipamentos. As instalações autônomas passaram a utilizar com mais frequência os rastreadores porque já dispensam manutenção cara e altamente especializada.

O rastreador solar (ou seguidor solar) ou ainda o termo em inglês *sun tracker* trata-se de um dispositivo que orienta um painel ou um arranjo de painéis fotovoltaicos; concentradores de energia; coletores solares, para garantir que estejam voltados o dia todo para o sol como um girassol faz naturalmente. Dessa forma, procura-se manter grande incidência dos raios solares perpendiculares às células que compõem os módulos (OLIVEIRA, 2008). “O seguimento solar pode ser obtido por cálculos de posicionamento do conjunto de conversão de energia, onde são considerados parâmetros como declividade terrestre, latitude, ângulo horário, dia do ano, etc., usados onde o grau de precisão é importante; mas na maioria das aplicações de sistemas ativos de seguimento, arranjos de sensores ópticos são o suficiente para determinar a posição solar através de sistemas eletrônicos” (OLIVEIRA, 2008, p. 4).

A classificação dos rastreadores solares corresponde ao seu comportamento, podendo ser ativos quando impulsionados por motores elétricos com polias ou engrenagens ou passivos, quando o movimento é proporcionado pelo deslocamento de um fluido que quando é aquecido pelos raios solares vai mudando o ponto de equilíbrio do sistema. Quanto às direções que seguem, podem possuir dois eixos ou apenas um: “quando têm apenas um eixo, este pode ter orientação polar, Norte-Sul ou Leste-Oeste. Com dois eixos, um deles é vertical para ajustar o azimute da superfície e o outro é horizontal, para ajustar a inclinação dos painéis” (OLIVEIRA, 2008, p. 4).

Uma pesquisa realizada por Gnoatto et al. (2008) sobre um sistema fotovoltaico autônomo, que possuía armazenador, instalado em Cascavel, no Estado do Paraná sob a Latitude 24°59' Sul, Longitude de 53°26' Oeste, com altitude de 682 m. O detalhamento do experimento e os seus resultados foram os seguintes: “Foi avaliada a eficiência dos painéis fotovoltaicos em condições reais de campo, sua curva característica foi determinada utili-

zando, na aquisição de dados, um *micrologger* da *Campbell Scientific-Inc*, modelo CR10X, programado para realizar uma leitura por segundo de cada canal e armazenar a média aritmética de 5 minutos dos dados das componentes de radiação solar global no plano horizontal e global na incidência do painel; temperatura ambiente e temperatura de operação do painel; tensão e corrente do sistema fotovoltaico. Os resultados mostram que a eficiência média mensal registrou valores na faixa de 8,65 a 9,17%, com uma média de 8,84%, com variação percentual entre o índice máximo e mínimo de 5,67%. Pode, assim, representar fornecimento médio mensal de energia de 5,57 kWh por painel (GNOATTO et al., 2008, p. 219).

Gnoatto et al. (2008) afirmam que a produção de energia será equilibrada se, durante todas as estações do ano, o painel fotovoltaico estiver com “ângulo de inclinação com a horizontal, latitude local + 10°”.

Comparado aos passivos e inclinados, os rastreadores azimute podem proporcionar maior estabilidade para matrizes de grandes dimensões. Os cantos não se projetam para baixo em direção ao chão ou ficam no ar para pegar o vento; a borda inferior da matriz permanece sempre paralela ao solo e requer menos distância do solo que os demais (GNOATTO et al., 2008).

Figura 5: Rastreador Solar Fotovoltaico – Wattsun Solar Tracker AZ-125



Fonte: Gnoatto et al., 2008

2.2.1 Radiação solar em planos inclinados

A utilização de painéis em escala doméstica tem se multiplicado no Brasil e segundo Seguel (2009), os painéis devem se voltar para o Norte geográfico com inclinação entre 25° e 30°, porque o nível de irradiação passa a ser cerca de 15% maior do que na posição horizontal (ângulo de inclinação: $\alpha = 0$).

A construção de instalações solares em telhados inclinados, com orientações diferentes à da posição ótima, traduz-se numa menor produção de energia devido à redução da radiação. Uma orientação para Sudoeste ou Sudeste dos telhados, ou uma inclinação entre

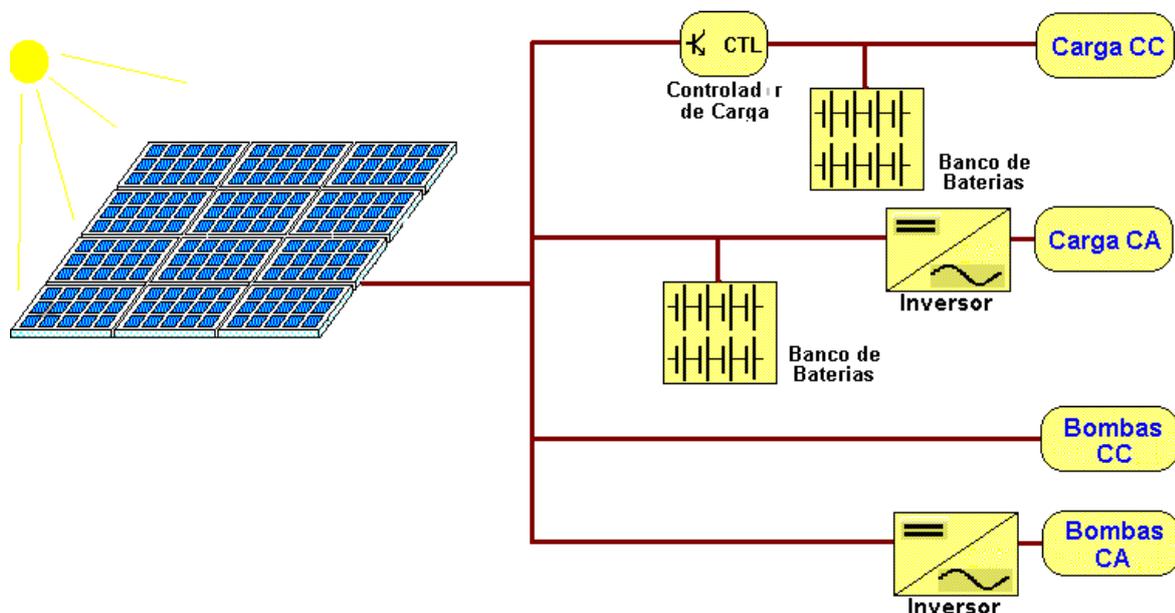
20° e 50°, implicam uma redução máxima da energia produzida de dez por cento. Os telhados com uma orientação que varie ainda mais da posição óptima, podem também ser explorados, mas nesta situação a menor irradiação deverá ser equacionada.

A utilização das fachadas para a integração de tecnologias solares (ângulo de inclinação $\beta = 90^\circ$) implica uma produção de energia menor, devido à redução significativa da irradiação. Neste caso, a boa visibilidade da instalação solar (o proveito da imagem), aspectos de design, entre outros fatores, têm um papel vital para a decisão final sobre a construção da fachada com este material” (SEGUEL, 2009, p. 19).

Seguel (2009) destaca a utilização de conversores CC-CC chaveados que são utilizados para realizarem a ligação dos painéis solares ao “barramento de corrente contínua onde serão conectadas as cargas de corrente contínua”. Tais conversores podem servir para duas a realização de dupla função dentro do sistema fotovoltaico, que são as seguintes: “a principal é adequar o nível de tensão gerado nos terminais do painel ao nível de tensão desejado no barramento CC, possibilitando com isso padronizar a tensão dos equipamentos que serão conectados ao barramento CC. A outra função é a de seguidor do ponto de máxima potência do painel MPPT” (SEGUEL, 2009, p. 20).

Segundo Farias et al. (2010), o efeito fotovoltaico é um fenômeno que ocorre em materiais chamados semicondutores caracterizados “pela presença de bandas de energia nas quais é permitida a presença de elétrons (banda de valência) e em outras bandas nas quais não há a presença de elétrons (banda de condução) o semicondutor mais usado é o silício”.

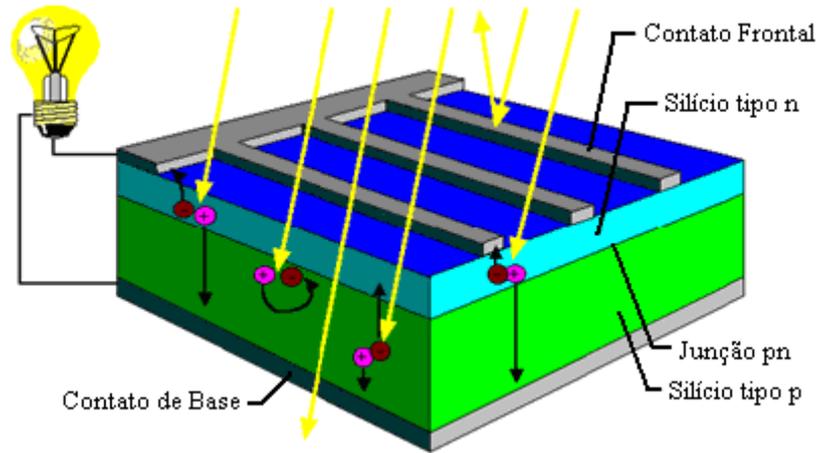
Figura 6: Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada



Fonte: Farias et al., 2010

Em sua estrutura básica, a célula de silício fotovoltaica compõe-se de pastilhas de silício tipo P (Prótons) e tipo N (Nêutrons), sendo que o dispositivo PN corresponde à superfície em que ocorre a junção dos tipos de materiais. A célula mantém sua parte superior com transparência para permitir a incidência direta da luz solar sobre a junção; a estrutura ainda possui eletrodo positivo dotado de nervuras de metal que são interligadas por fios, segundo Farias et al. (2010). Na Figura 7, se pode observar toda a estrutura da célula de silício.

Figura 7: Célula de silício fotovoltaica

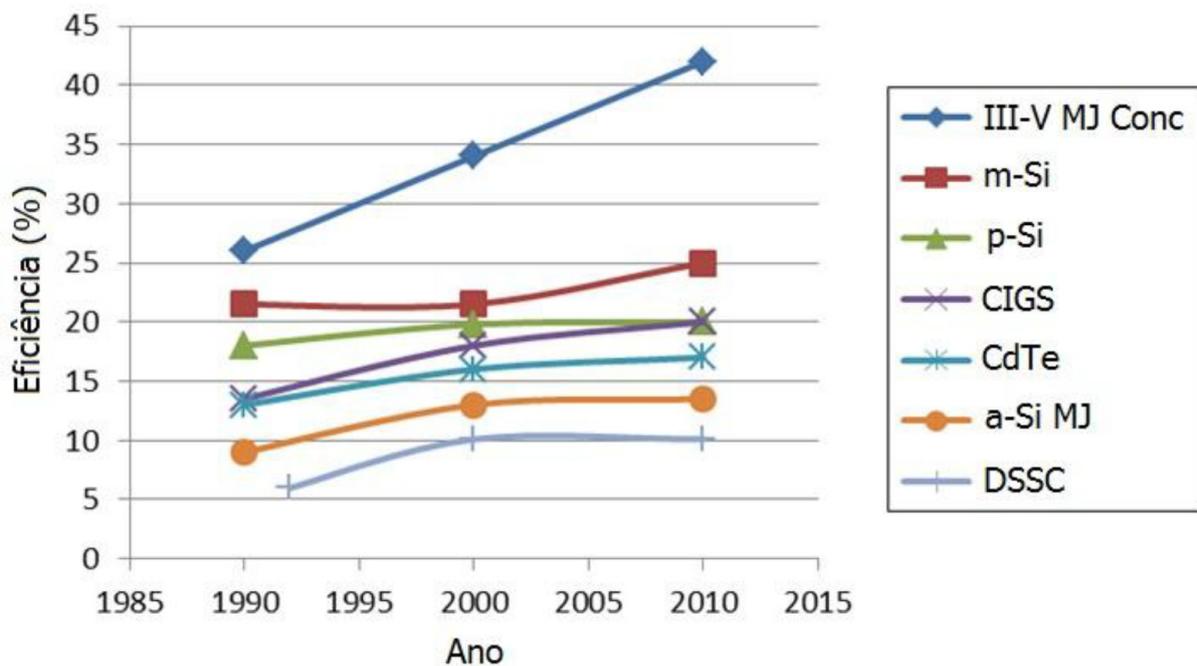


Fonte: Farias et al., 2010

3. RASTREADORES SOLARES E O POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR

O efeito fotovoltaico, aplicado na tecnologia dos painéis solares, foi descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, em células eletroquímicas absorviam a luz e gerava uma diferença de potencial nos terminais. Após isso em 1876 o primeiro aparato fotovoltaico, a partir de estudos, foi criado, mas, apenas em 1956 que passou a ser fabricado, porém o interesse só chegou em 1973. Então desde então foi-se aprimorando e descobrindo novos materiais para a sua criação, entre eles todos sendo aprimorados para elevar a eficiência do painel fotovoltaico; a evolução do desenvolvimento das células fotovoltaicas desde 1990 até 2010 (PINHO; GALDINO, 2014).

Gráfico 3: Desenvolvimento das células fotovoltaicas



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

A energia solar, para os fins de engenharia, pode-se ser utilizada tanto na parte térmica como na fotovoltaica, o sistema de painel solar gera energia elétrica a partir da conversão direta de energia luminosa, através do efeito fotovoltaico, sendo ela a radiação solar. E com a ajuda do Gráfico 3, mostra que sua tecnologia avança cada dia principalmente na análise comparativa dos materiais (PINHO; GALDINO, 2014).

Gnoatto et al. (2005) concluiu que os comportamentos das curvas características do painel fotovoltaico em condições de campo apresentam-se dentro das variações previstas pelo fabricante, fazendo assim produtos confiáveis.

A energia solar pode ser aproveitada de várias formas pelo homem, que ainda tem que percorrer um longo caminho para aproveitar esse imenso potencial inexplorado por razões diversas. O custo da geração de energia fotovoltaica é relativamente alta em comparação com a energia hidrelétrica, por exemplo (VÉRAS, 2004)

A energia solar é muito importante devido ao fato do Sol ser fonte perene de energia, que não gera poluição atmosférica nem sonora e é o grande responsável pelas várias de forma de vida no planeta Terra. O sol libera energia em forma de ondas eletromagnéticas e “uma parcela dessa energia incide sobre a Terra e sofre pequena atenuação quando interage com os gases atmosféricos”, argumenta Souza Filho (2008, p. 4):

“A energia solar gera processos naturais, como a fotossíntese que combina a energia luminosa do sol como o dióxido de carbono da atmosfera para armazenar energia nas plantas em forma de hidrocarbonos. Na realidade, a maior parte da energia que utiliza-se na Terra vem do Sol. Os Ventos, Biomassas (inclusive fóssil), Quedas d’água, são todos resultantes da irradiação luminosa emitida pelo Sol” (SOUZA FILHO, 2008, p. 5).

Devido ao movimento contínuo da terra, as tecnologias têm se desenvolvido para otimizar o aproveitamento do potencial da luz solar, que no Brasil é abundante já que a região menos iluminada é 40% superior a qualquer região da Alemanha que mantém o status de maior produtor mundial de energia fotovoltaica, segundo Bertoli (2012).

Figura 8: Vilarejo de Sonnenschiff, na Alemanha

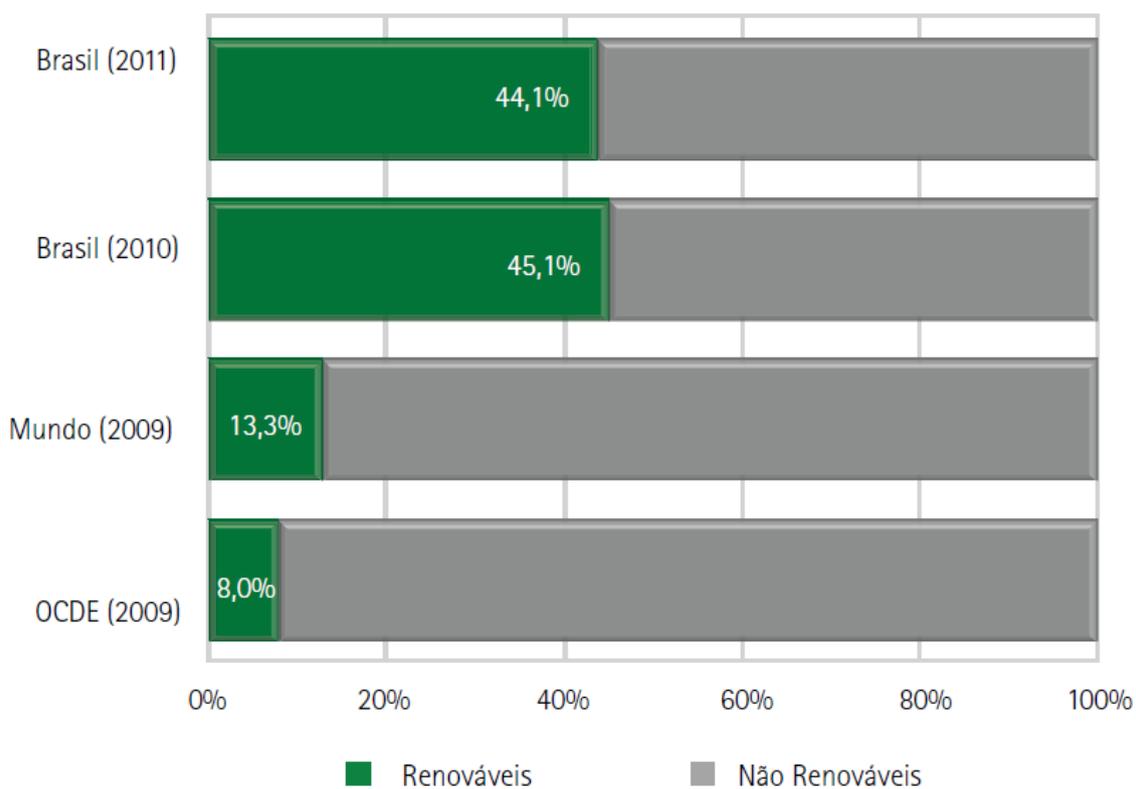


Fonte: Barbosa, 2011

Segundo Barbosa (2011), na Alemanha, por exemplo, o sistema *feed-in tariff*, também denominado cogeração permite que as residências vendam a eletricidade produzida em excesso para a companhia de energia, o que permite a autonomia da residência e certo lucro com a venda da energia gerada. “Construções sustentáveis capazes de produzir mais energia do que consomem a partir de fontes renováveis estão se tornando realidade pelo mundo. Os melhores exemplos são encontrados em cidades com o sistema *feed-in tariff*, uma política de estímulo ao uso de energia renovável que permite a venda de excedentes à rede de distribuição” (BARBOSA, 2011)

O Vilarajo alemão de Sonnenschiff é composto por 52 duas casas com telhado inteiro tomado por painéis fotovoltaicos, que lhes permite, por meio do sistema *feed-in tariff*, produzir e vender à companhia, 300% de energia em excesso, porque produz quatro vezes mais do que o necessário para o seu consumo. “A auto-suficiência é atingida através do seu projeto de energia solar, que utiliza painéis fotovoltaicos posicionados estrategicamente para aproveitar ao máximo a incidência dos raios de sol. Ancorado em Freiburg, uma das regiões mais ensolaradas do país, o bairro é formado por cinquenta e duas casas, entre residenciais e comerciais”, argumenta Barbosa (2011, p. 1).

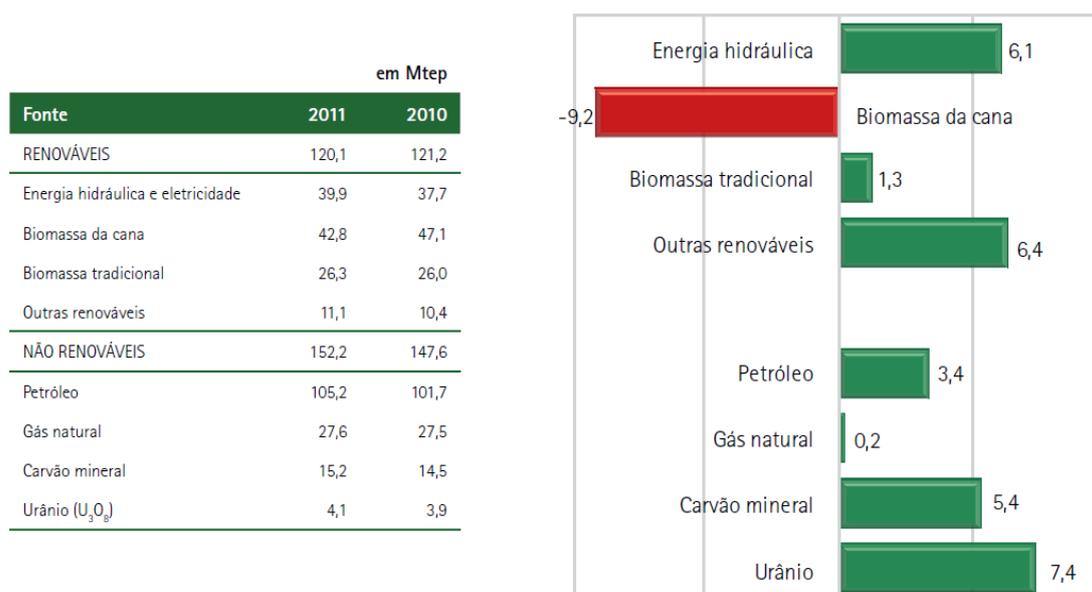
Gráfico 4: Energias renováveis e não-renováveis no Brasil e no Mundo



Fonte: Brasil, 2012

A grande baixa de produção foi no segmento de biomassa do bagaço de cana-de-açúcar que decaiu no período 9,2%, sendo compensada pelo aumento de energia eólica e de outras energias renováveis, que aumentaram respectivamente 6,1 e 6,4%.

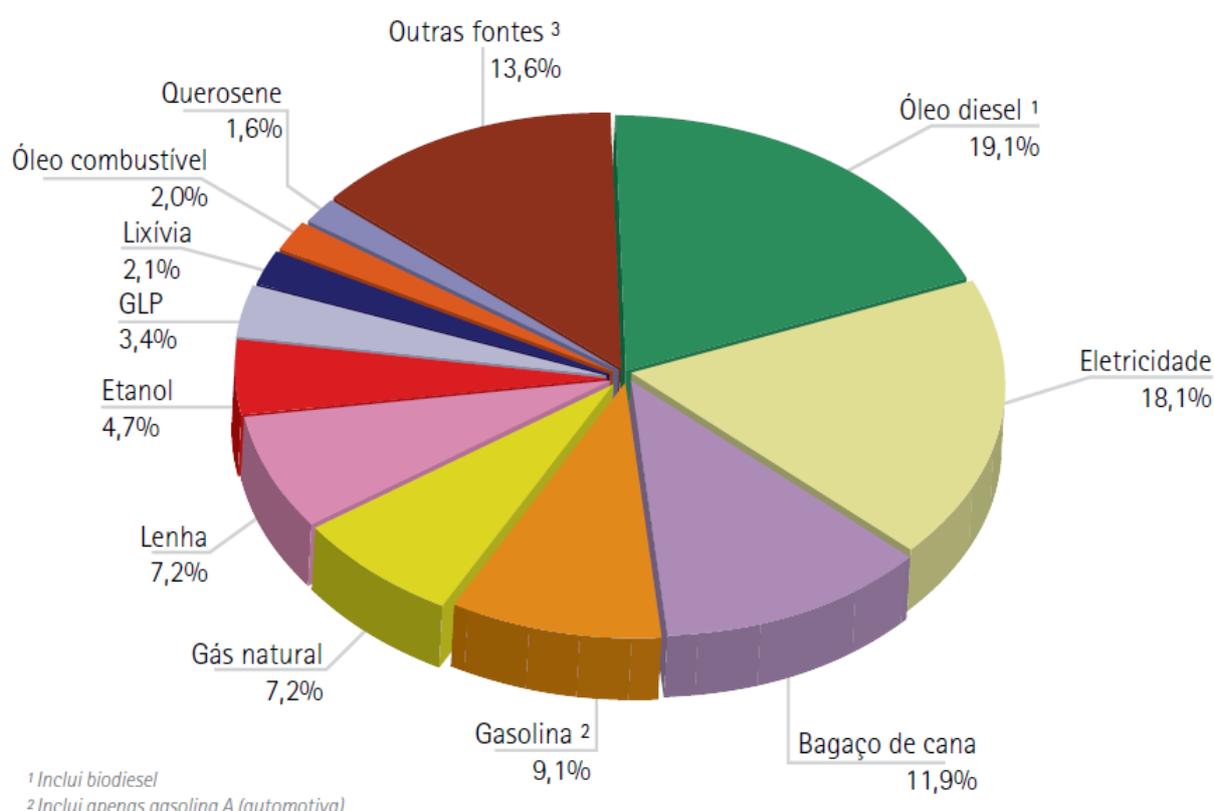
Gráfico 5: Oferta interna de energia



Fonte: Brasil, 2012

Pode-se observar a inexistência de um segmento específico para a produção de energia fotovoltaica no bojo da matriz energética brasileira, na qual prepondera a utilização de óleo diesel de 19,1%, que somados à gasolina, ao gás natural, ao GLP, à querosene demonstram a alta dependência de fontes fósseis não-renováveis.

Gráfico 6: Consumo final de Energia por fonte–Ano base 2011



Fonte: Brasil, 2012

As indústrias compõem o setor que mais consome energia no país, 35,9%; seguido pelo setor de transportes, que consomem cerca de 30,1%, em terceiro lugar vêm as residências que consomem 9,5%. Portanto, é de 66% o índice percentual consumido de energia

pela produção industrial, pelos transportes de cargas e mobilidade das pessoas e as famílias brasileiras (BRASIL, 2012)

3.1 Software – programa computacional

Silva (2011) realizou um experimento sobre a utilização de microprocessadores para posicionar dinamicamente os módulos fotovoltaicos durante todo o dia para buscar o rendimento máximo e o aproveitamento de todo o potencial da energia solar. Para tanto, foram realizadas comparações entre distintas características na construção dos módulos fotovoltaicos e disposição das células fotovoltaicas para um melhor rendimento. “Como sua eficiência de conversão não é elevada, e como o ângulo de incidência da luz é variável ao longo do dia e das estações do ano, a aplicação de sistemas para o posicionamento dinâmico de painéis fotovoltaicos pode ser uma solução para levar o rendimento ao máximo. Para auxiliar na construção de sistemas de posicionamento de baixo custo, o trabalho revisou a plataforma microprocessada Arduino, para subsidiar a construção de um futuro protótipo. O uso de microcontroladores é possível e já foi comprovada por inúmeros trabalhos científicos e também estão implementados em algumas usinas de energia solar térmica e fotovoltaicos, sendo uma opção viável para se incrementar a eficiência na captação e conversão direta da energia solar em elétrica” (SILVA, 2011, p. 7).

Silva (2011) concluiu que a tecnologia para a produção de painéis solares fotovoltaicos está sempre inovando e em desenvolvimento, sendo que a baixa eficiência dos sistemas provoca uma procura por soluções com a recorrência a sistemas automatizados que possam maximizar a eficiência do “processo de conversão direta da energia solar em elétrica a fim de expandir os horizontes desta tecnologia e num futuro próximo diminuir a níveis toleráveis ou até eliminar a dependência dos combustíveis fósseis que trazem efeitos nocivos ao planeta terra”.

3.2 Sinvert – software gratuito da Siemens para planejamento em centrais fotovoltaicas

A Siemens lançou um software gratuito para auxiliar no desenvolvimento das tecnologias para a exploração de energia fotovoltaica, que possibilita o planejamento de centrais fotovoltaicas, apresentando vantagens para o ambiente e vantagens socioeconômicas na produção de energia solar fotovoltaica que é considerada limpa devido às baixas emissões de CO₂ e portabilidade do sistema que possibilita a provisão de eletricidade a comunidades isoladas (SIEMENS, 2012).

O novo software gratuito da divisão *Industry Automation* da Siemens permite calcular a configuração ideal das centrais fotovoltaicas. Através do programa SINVERT Select V2.2, disponível para download em www.siemens.com/sinvert-select, o projectista pode calcular de antemão a rentabilidade das centrais fotovoltaicas com capacidades entre os 10kW e um Megawatt. Este software tem uma função de comparação que disponibiliza o retorno energético das diversas configurações possíveis. Disponível em alemão, inglês, francês, italiano e espanhol, o SINVERT Select V2.2 foi especialmente concebido para os inversores SINVERT da Siemens.

Por outro lado, esta tecnologia pode ser aplicada próxima ou no próprio local onde a energia gerada será consumida, obtendo-se nestes casos uma alta eficiência energética ao eliminar as longas linhas de transmissão (SIEMENS, 2012, p. 1)

O software SINVERT Select V2.2 foi concebido para realizar o dimensionamento, a avaliação e a otimização dos inversores em módulos solares fotovoltaicos; quando os dados são introduzidos, o software determina de forma automática o modelo mais adequado da gama SINVERT que deverá ser utilizado nas distintas situações. Dentre os parâmetros que se obtêm, estão incluídos: localização, tensão/frequência da rede, tipo de módulo fotovoltaico a utilizar, condições de instalação adequadas quanto à inclinação do módulo e o azimute.

O programa calcula a relação de performance de cada variável, como a relação entre a produção esperada e a real, e o retorno de energia por ano. O software consegue então comparar, analisar e otimizar configurações individuais de acordo com estes parâmetros. Por exemplo, é possível verificar os efeitos na central da variação de parâmetros individuais, como o número de inversores, *strings*, módulos por *string* ou mesmo temperatura das células ou perdas nos cabos (SIEMENS, 2012, p. 2).

O software permite ainda a identificação das perdas resultantes da temperatura excedente sobre os módulos quando sobem os níveis de isolamento altos e providencia as reduções de retorno aos níveis de isolamento baixos. Os cálculos são realizados com embasamento de complexas bases de dados contendo detalhamento de mais de 300 regiões de 26 países e 4200 tipos diferentes de módulos fotovoltaicos e inversores SINVERT, que são atualizadas frequentemente pela Internet. O software SINVERT Select fornece ainda relatórios detalhados já prontos para apresentações no monitor, para impressão ou gravação em arquivo no formato PDF (SIEMENS, 2012, p. 3).

4. PONTO DE OPERAÇÃO EM MÁXIMA POTÊNCIA

4.1 Protótipos e experiências com rastreadores solares

O projeto de desenvolvimento de um protótipo de Silva *et al.* (2010) correspondeu à concepção de um sistema de rastreamento solar para propiciar o aumento da capacidade de geração de eletricidade em painéis fotovoltaicos, cujos dados de energia que foram “coletados pela célula são transferidos para um computador via saída serial e analisado por um *software* específico. O funcionamento do sistema é narrado pelos autores:

“O sistema é composto por um microcontrolador e vários componentes eletrônicos discretos, como sensores de luz, corrente e motores. Foto Sensores converte a luz incidente aplicada ao painel solar e transmitem as informações ao microcontrolador que, processa os dados e aciona uma base móvel, composta por um motor de passo acoplado ao painel solar. O azimute do conjunto é ajustado de forma a encontrar a posição em que ocorra a maior incidência de raios solares e dessa forma aumenta a geração de energia pelo painel” (SILVA *et al.*, 2010, p. 281).

Tessaro (2005) realizou uma pesquisa para comparar a eficiência energética entre um módulo fotovoltaico fixo convencional e um rastreador solar fotovoltaico com o intuito de mensurar o comportamento das células fotovoltaicas e sua consequente produção de energia. Sinteticamente, o experimento do autor com dois painéis fotovoltaicos monocristalinos foi o seguinte:

“Os painéis fotovoltaicos usados atualmente, ainda possuem uma baixa eficiência, em torno de 8,84%. Como essa eficiência é característica da placa fotovoltaica, utilizou-se nessa pesquisa, um sistema diferente dos convencionais. Esse sistema diferenciado nada

mais é que um mecanismo que faz com que o painel fotovoltaico se movimente de forma a manter sempre suas células fotovoltaicas perpendiculares ao sol.

(...) Um deles, instalado de forma convencional, voltado para o norte geográfico a uma inclinação de 37° em relação ao solo, e o outro painel montado em cima de um mecanismo rastreador, que tende a manter a célula fotovoltaica perpendicular aos raios solares. As amostras de corrente e tensão, foram extraídas, nos dois sistemas, convencional e rastreador, em intervalos de tempo de quarenta minutos, sendo efetuadas no período das oito horas da manhã até as seis horas da tarde, totalizando 16 amostras” (TESSARO, 2005, p. 2).

Os resultados da experiência de Tessaro (2005) revelaram que nas 16 amostras de tensão e corrente coletadas, o rastreador apresentou um aproveitamento energético ligeiramente superior ao convencional; “constatou-se um aproveitamento energético de 20,74% e uma eficiência de 2,052% a mais que no sistema com o módulo fotovoltaico montado convencionalmente”, conclui o autor.

Véras (2004) realizou uma pesquisa com rastreadores solares com o intuito de desenvolver um protótipo de baixo custo voltado, principalmente, para a zona rural no sentido de minimizar o consumo de energia nas propriedades rurais. O estudo foi realizado pelo FAE – Fontes Alternativas de Energia, um grupo de pesquisas da UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, que desenvolveu o rastreador solar com componentes disponíveis no mercado local para minimizar os custos concernentes ao módulo fotovoltaico dotado de rastreador. Resumidamente, o experimento do autor é o seguinte:

(...) foi desenvolvido um modelo de controle de um protótipo de rastreador solar ativo, que também pode ser construído com componentes baratos e disponíveis no mercado local. Foi realizada uma simulação através do *software* Eletrificação Rural, desenvolvido pelo Grupo FAE e calculados os benefícios do uso de rastreamento em apenas um eixo (sentido leste-oeste) e em dois eixos (sentido leste-oeste e norte-sul) (VÉRAS, 2004, p. 2).

Os resultados da pesquisa de Véras (2004) apontaram, que na comparação com o coletor fixo, houve um aumento na radiação anual de 14,36% e de 19,21% nos rastreadores de um eixo (leste-oeste) e de dois eixos (leste-oeste e norte-sul), respectivamente.

Souza Filho (2008) desenvolveu um estudo sobre a concepção de um concentrador solar cilindro-parabólico que produz vapor para ser utilizado em diversas aplicações. O intuito do pesquisador foi produzir um equipamento de baixo custo com capacidade de produção de energia fotovoltaica com rastreador autônomo para otimizar o aproveitamento energético do sol com as seguintes características:

“A superfície da parábola foi construída em fibra de vidro, com dimensões que seguem um estudo de otimização de parâmetros ópticos inerentes à reflexão dos raios solares pela superfície refletora e a interceptação desses raios pelo tubo absorvedor. A superfície do concentrador de 2.24 m² foi recoberta por lâminas de 1.0m de comprimento por 2 cm de largura. A tubulação absorvedora é composta de um tubo de cobre de diâmetro correspondente a 28 mm. O concentrador tem mobilidade para rastrear automaticamente o movimento aparente do sol” (SOUZA FILHO, 2008, p. 5).

Souza Filho (2008) informa que a temperatura máxima foi de 232.1°C no interior do tubo absorvedor vazio, enquanto a temperatura média foi de 171.5°C medida em intervalos de 60 minutos. O custo total do equipamento foi de R\$ 450,00 e indicado para aquecimento de água e obtenção de vapor. Os testes realizados demonstraram os seguintes resultados:

“O pico máximo obtido na temperatura de saída de água foi de 197.7°C para uma temperatura de 200.0°C no do tubo absorvedor. O melhor resultado médio da temperatura de saída da água para intervalo de 1 hora foi 170.2°C para uma temperatura de 171.2°C no tubo absorvedor obtido em teste com automatização. As médias de temperaturas de saída de água estiveram sempre acima da temperatura de vaporização da água” (SOUZA FILHO, 2008, p. 5).

Figura 9: Concentrador solar projetado com mecanismo de rastreamento



Fonte: Souza Filho, 2008

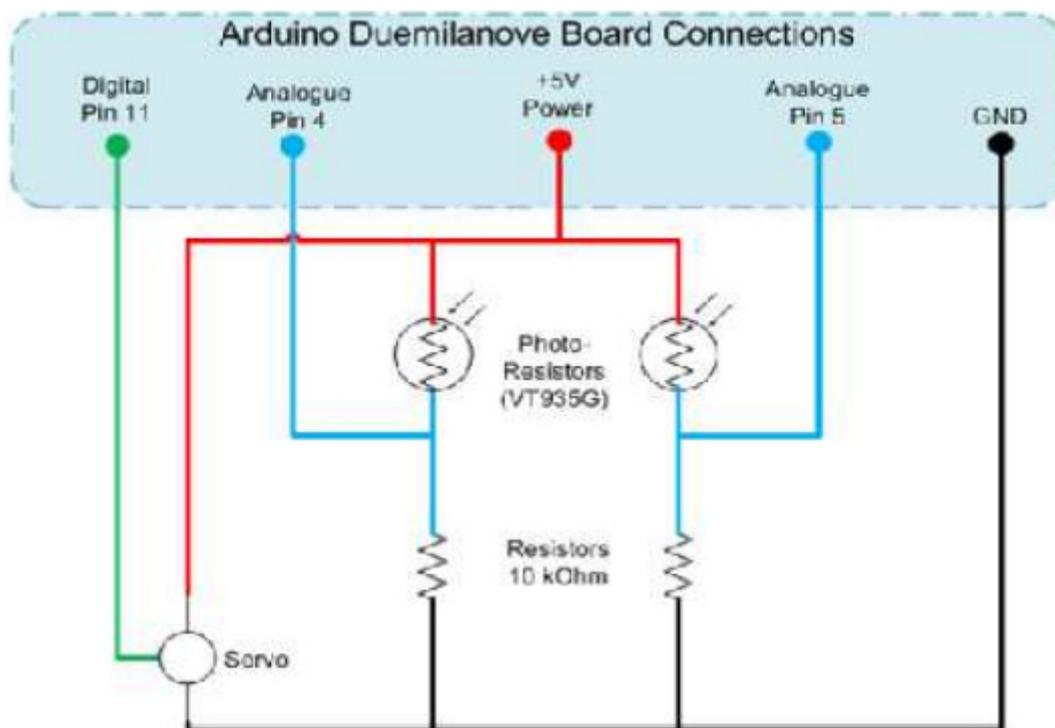
Este é um exemplo de rastreador solar autônomo, que foi desenvolvido na Universidade Federal do Rio Grande do Norte com o intuito de baratear o custo de produção e de manutenção simplificada; facilidade no desmonte para transporte; baixo peso e inovação frente aos outros protótipos desenvolvidos pela instituição (SOUZA FILHO, 2008).

4.1.1 Soluções para evitar o sombreamento

Nicácio & Carvalho (2011b) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de conceber um protótipo para um sistema de posicionamento de módulos fotovoltaicos com microcontroladores, para otimizar a eficiência do sistema para torná-lo viável comercialmente, porque ainda se encontra em patamares onde o custo torna-se elemento impeditivo para a disseminação da energia fotovoltaica como sucessora alternativa aos combustíveis fósseis. O protótipo foi concebido com o auxílio de um programa computacional:

“O sistema é formado por um *software* embarcado, também conhecido por *embedded system*, e por um *hardware* que controla o posicionamento do painel de acordo com informações coletadas por sensores de luminosidade. O *firmware* ou *software* embarcado são algoritmos que permitem ao microcontrolador fazer comparações sucessivas e assim determinar a correta posição do painel solar. Neste trabalho foi utilizado um pequeno circuito eletrônico controlando uma estrutura mecânica. Seus movimentos tendem a corrigir constantemente sua inclinação em relação aos raios solares ao longo do dia, permitindo sempre a incidência perpendicular destes raios, portando permitindo a maior insolação possível sobre o painel. Para simplificação da parte mecânica o protótipo não possui automação para movimentos do sol ao longo das estações do ano”. (NICÁCIO; CARVALHO, 2011, p. 1).

Figura 10: Ligações elétricas do protótipo.



Fonte: Nicácio & Carvalho, 2011

Ramabadran e Mathur (2009) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de investigar os efeitos nocivos do sombreamento parcial de módulos fotovoltaicos dispostos em série e paralelos entre si para comparar seu desempenho. Os pesquisadores procuravam encontrar a ligação menos suscetível aos efeitos de sombreamento parcial e para tanto utilizaram um modelo de simulação PSPICE que representa 36 células do módulo fotovoltaico sob condições de sombreamento parcial.

Ramabadran e Mathur (2009) constataram que a ligação de células solares em série em uma matriz é essencial para obter tensão praticamente utilizável. Um certo número de tais cadeias é ligado em paralelo para obter a energia necessária. Como há uma perda

substancial de energia devido à iluminação não uniforme sobre a série de células deve ser levado em conta que todas as células ligadas em série devem receber uniformemente iluminação sob diferentes padrões de sombreamento. Tal cuidado para dar uma melhor proteção para a matriz gerará, ao mesmo tempo, a saída de energia total maior também. A série ligada e conectada S-PVA paralelo é comparada sob diferentes condições de sombreamento.

Verifica-se que o S-PVA ligado em paralelo é dominante em condições de sombra. Assim, a ligação em paralelo é a melhor configuração possível. O problema de saída de corrente elevada em sistema ligado em paralelo requer a definição de configuração nova (RAMABADRAN; MATHUR, 2009).

Para Cortez et al. (2009), o desafio de se estudar o desempenho de um sistema solar capaz de mudanças abruptas na radiação tem uma importância significativa e por isso desenvolvem uma pesquisa baseando-se na simulação da interligação de 36 células fotovoltaicas em um módulo de energia solar, da marca Shell Solar, modelo Shell Power Max 85-P. A pesquisa foi realizada com a aplicação do simulador matemático, o MATLAB, que oferece rapidez e facilidade de uso. Relacionando a percentagem de sombra em determinadas condições de radiação para o ponto de máxima transferência de potência pretende-se analisar os efeitos das mudanças aleatórias na radiação solar sobre a produção de energia, em condições exteriores. O simulador fornece os parâmetros de uma tensão de circuito aberto (Voc), o curto-circuito (Isc), a potência máxima (Pmax), e as curvas características do módulo solar, dependendo da tonalidade do efeito que pode passar sobre ela, permitindo que o estudo aleatório de mudanças de energia solar, na produção de energia.

4.2 Sistemas residenciais de energia fotovoltaica – sistemas *grid-tie* X sistemas *off-grid*

Quando se estiver adquirindo um sistema de energia solar, é necessária a tomada de muitas decisões e uma das mais importantes é a escolha entre a energia solar ligada à rede, um sistema fora da rede ou um sistema fotovoltaico híbrido.

Moraes (2008) apresenta uma proposta de realização de um experimento para observar o comportamento de um sistema fotovoltaico que seja conectado à rede local de energia elétrica com o intuito de perceber a função dos conversores do tipo CC-CA (tipo Grid tie) que ficam acoplados à rede de energia elétrica local para injetar a energia gerada pelos painéis diretamente para a rede sem utilizar baterias armazenadoras.

O objetivo do estudo é analisar o comportamento do sistema conectado à rede, pois o princípio de funcionamento se baseia em geração de energia pelos módulos fotovoltaicos, onde o processo mais importante passa pelo inversor, pois ele precisa fazer uma análise da rede antes de fazer a conexão com os painéis, verificando a onda senoidal da rede e gerando uma cópia fiel desta onda com amplitude ligeiramente mais alta que a da rede, criando um fluxo contrário e proporcional de energia a fim de realizar a injeção de energia na rede local, conectando-se sem causar danos ao equipamento e a rede. O dimensionamento do sistema é um ponto muito importante do sistema, pois se for ajustado adequadamente o sistema tem alto ganho de eficiência de funcionamento. (MORAES, 2008, p. 891).

Moraes (2008) entendeu que a descarga direta da energia fotovoltaica produzida para uma rede elétrica pode diminuir sensivelmente os custos das instalações, que, por exemplo, dispensam a aquisição de baterias para o seu armazenamento, com o auxílio do conversor CC-CA.

“Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) vêm contribuindo significativamente para tal redução.

As aplicações de energia solar fotovoltaica ao redor do mundo ganharam expressão a partir dos sistemas isolados. Mais recentemente, movidos por incentivos governamentais e investimentos de empresas do setor, a utilização dos SFCR fez com que a capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos crescesse bastante” (MORAES, 2008, p. 892).

Mediante as suas observações, Moraes (2008) realçou a importância do conversor (CC-CA) que faz a mediação da energia fotovoltaica produzida a partir dos painéis com rede local por meio da leitura da onda senoidal e acoplamento. É comum o superdimensionamento em horários de pico que o conversor consegue controlar ao atuar na potência correta, da seguinte maneira: “(...) existe a possibilidade de corte do conversor nos períodos entre 11:00hs até às 14:00hs para dias limpos, em virtude da potência das células solares atingirem picos de potência, ultrapassando assim a potência nominal de operação do conversor. Um dimensionamento que seria teoricamente ideal indica que o conversor deve operar em 90% da potência nominal, para evitar possíveis cortes no momento de maior irradiância solar em dias limpos, reduzindo assim a eficiência do sistema” (MORAES, 2008, p. 893).

4.2.1 Prós e contras da energia solar *grid-tie*

Com uma matriz fotovoltaica vinculada à rede, não será necessário economizar energia nem mudar o estilo de vida. Pode-se viver como sempre, já que a energia da rede pública está disponível para eletricidade adicional quando precisar.

Além disso, se optar por um painel solar conectado à rede, não será necessário instalar uma matriz grande o suficiente para fornecer toda a eletricidade doméstica. Pode ser instalado o sistema que caiba no orçamento atual e depois expandir mais tarde. Por outro lado, em estados que oferecem medição líquida, se pode receber crédito da empresa de serviços públicos por qualquer excesso de energia produzido pelo painel solar.

Muitos proprietários optam por conectar seus sistemas fotovoltaicos à rede por causa do custo. Os sistemas de energia solar fora da rede exigem componentes adicionais, portanto, com investimento maior.

A maior desvantagem, no entanto, é que um sistema de energia solar ligado à rede irá manter o usuário ligado à empresa de serviços públicos.

4.2.2 Prós e contras da energia solar *Off-Grid*

Além da redução de custos, a independência energética é o argumento mais convincente para a instalação de um sistema de energia solar fora da rede, pois não se estará sujeito às taxas e políticas cada vez maiores da empresa de serviços públicos e não ficará no escuro no caso de um blecaute.

Caso a opção seja para alimentar uma casa rural com energia solar, sair da rede provavelmente faz sentido financeiro, pois em áreas isoladas, investir nesse tipo de arranjo fotovoltaico é geralmente mais barato do que pagar para estender as linhas de energia para a propriedade.

A desvantagem desse tipo de energia fotovoltaica é a despesa extra para aqueles que já possuem serviços públicos. Além disso, talvez seja necessário pensar mais sobre a eficiência no uso de energia se não for possível instalar um sistema grande o suficiente para

atender a todas as necessidades de energia.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa para este trabalho propiciou uma experiência interessante de contato com um conhecimento que diz respeito diretamente à continuidade da vida terrestre, porque o desenvolvimento desenfreado gera emissão de poluentes na atmosfera a níveis tão elevados que as vidas humana, animal e vegetal ficam comprometidas.

O mundo tem se movimentado em busca de explorar cada vez mais as fontes alternativas de energia, com iniciativas ainda modestas freadas pela grande indústria do petróleo e por todos os interesses financeiros envolvidos, que atrasam a adoção de determinadas medidas importantes para o consumo sustentável. As prioridades para manutenção de um ambiente saudável não são suficientes para superar os interesses econômicos e, assim, as tecnologias alternativas para geração de energia limpa são adotadas apenas quando há interesses das classes dominantes economicamente.

A globalização trouxe consigo mudanças importantes em todos os aspectos sociais, econômicos, políticos e organizacionais, mas a produção industrial em massa causou o aquecimento global e a emissão de gases que aceleram o efeito estufa, prejudicando severamente a qualidade do planeta e de todos os seres humanos.

A utilização das energias renováveis é um item importante para conseguir o reequilíbrio do planeta, a longo prazo, e assim qualquer ajuda no sentido de minimizar a agressão ao meio ambiente é muito bem-vinda.

O Brasil ainda está no início da maximização do aproveitamento do potencial de energia fotovoltaica devido ao clima e ao extenso território para propiciar condições de desenvolvimento de tecnologias para captação e geração de energia a partir desta fonte inesgotável, limpa e totalmente sustentável.

A geração de energia fotovoltaica no Brasil é um negócio em expansão em escala comercial e para uso doméstico. As pesquisas nessa área estão alcançando um bom patamar de qualidade com a concentração de profissionais especialistas nas Universidades e indústrias do setor.

Um sistema fotovoltaico híbrido pode ser a melhor resposta para este enigma. Com um sistema híbrido, o painel solar estará conectado às linhas de energia públicas, mas também possui um banco de armazenamento de baterias. A capacidade da bateria não precisa ser tão grande quanto um painel solar fora da rede precisaria, portanto, o custo adicional pode ser mais fácil de gerenciar.

Muitos proprietários de casas preferem a energia solar híbrida porque ela permite que usem energia elétrica quando necessário, mas também fornecem eletricidade para quando a energia acabar. A instalação de um sistema híbrido é uma ótima maneira de se preparar para emergências e desastres naturais.

Por fim, a configuração correta do sistema para cada casa dependerá das metas pretendidas, orçamento e considerações de instalação.

Com essa pesquisa, pretendemos contribuir para uma maior reflexão sobre o assunto.

Diante dos fatos e dados expostos, se conclui que a construção da planta prevista no trabalho não seria vantajosa para a empresa, visto que o custo da energia no mercado livre é bem abaixo do custo no mercado cativo, e isso torna a geração fotovoltaica um investi-



mento muito grande para um retorno muito pequeno.

Para que haja uma expansão da geração fotovoltaica no Brasil e, portanto, uma diversificação da matriz energética do país, seriam necessárias políticas de incentivos, tais como reduções fiscais, facilitação de importação de equipamentos e políticas de financiamento.

Referências

ALBUQUERQUE, Fabio Lima de. **Sistema Solar Fotovoltaico**. 2012. 197 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2012.

BARBOSA, Elielza Moura de S.; SILVA, Diego O.; MELO, Rinaldo O. **Sistema Fotovoltaico conectado à rede com baterias**: Sistema UFPE-Brasil. 2007. 7 f. Dissertação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <<http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2007/2007-t004-a011.pdf>>. Acesso em: 24 Out. 2022.

BARBOSA, Vanessa. 6 tendências verdes pelo mundo. **Revista Exame**. Editora Abril. 05/06/2011. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/meio-ambiente-e-energia/noticias/6-projetos-verdes-inovadores-pelo-mundo>>. Acesso em: 25 Out. 2022.

BERTOLI, Gustavo de Carvalho. **Sistemas Fotovoltaicos de Geração de Energia: Comparação de Desempenho entre um Sistema com Rastreamento Solar e um Sistema Estático**. Bauru: UNESP/Faculdade de Engenharia, 2012. 60p.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. 80p.

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2012 – Ano base 2011: Resultados Preliminares**. Rio de Janeiro: EPE, 2012. 51 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2019. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-422/PDE%202029.pdf>>. Acesso em: 2 Nov. 2022.

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Energia Fotovoltaica Ligada À Rede Elétrica: Atratividade Para O Consumidor Final E Possíveis Impactos No Sistema Elétrico**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2013. 45 p. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11058/963>>. Acesso em: 19 Out. 2022.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade Econômica X Viabilidade Ambiental do uso de Energia Fotovoltaica no Caso Brasileiro: uma Abordagem no Período Recente. In: **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 3., 2012, Goiânia. Goiânia: Cbga, 2012. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/X-003.pdf>>. Acesso em: 24 Ago. 2022.

COSTA, S.H.; ECK, M. **Modelo sustentável de difusão da tecnologia fotovoltaica para uso residencial**. In: CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE ELETRIFICACIÓN RURAL, 17., 1998. Recife. Anais... Recife: UFP, 1998.

COSTA, S.H., M. **Modelo sustentável de difusão da tecnologia fotovoltaica para uso residencial**. In: CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE ELETRIFICACIÓN RURAL, 17., 1998. Recife. Anais... Recife: UFP, 1998.

FARIAS, Leandro Alves de et al. Investigação experimental da geração de energia elétrica solar fotovoltaica. **HOLOS**, Ano 26, Vol. 3. p. 82-90. 2010. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/386/342>>. Acesso em: 28 Out. 2022.

FIGUEIREDO, Diego Filipe Silveirinha. **Optimização da Produção de Colectores Solares: caso de estudo na WS Energia**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2010. 105p.

GALDINO, Marco A. E. et al. O Contexto das Energias Renováveis no Brasil. **Revista da Direng**, Rio de Janeiro, p.17-25, 2001+. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em: 24 Ago. 2022.

GNOATTO, Estor et al. Eficiência de um conjunto fotovoltaico em condições reais de trabalho na região de Cascavel. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v. 30, n. 2, p. 215-219, 2008.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **RAP** — Rio de Janeiro 43(2):295-321, MAR./ABR. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rap/a/NWxd9HmK8wJBGKMPq6GcLqz/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 Out. 2022.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **RAP** — Rio de Janeiro 43(2):295-321, MAR./ABR. 2009. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rap/a/NWxd9HmK8wJBGKMPq6GcLqz/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 30 Out. 2022.

GUADAGNINI, Marco Antonio. **Fontes Alternativas de Energia: Uma visão geral**. Trabalho de Conclusão de Curso. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2006. 99p.

HOPPE, Letícia. **Geração de energia limpa e diversificação da matriz energética: a viabilidade da produção de gás natural a partir do armazenamento geológico de CO₂ na jazida de Charqueadas**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Economia Mestrado em Economia do Desenvolvimento, Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br:8080/dspace/bitstream/10923/2601/1/000409156-Texto%2bCompleto-0.pdf>>. Acesso em: 25 Ago. 2022.

LORENZO, E., **Eletricidad solar. Ingenieria de los sistemas fotovoltaicos**. (1994) Artes Gráficas Gala, S.L. 1ª. Edição. ISBN:84-86505-45-3, 1994

MARINOSKI, deivis luis; SALAMONI, isabel tourinho; RÜTHER, ricardo. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do crea-sc**. In: i conferência latino-americana de construção sustentável, X encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 2004, São Paulo. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf>. Acesso em: 24 Ago. 2022.

MONTEIRO, José Alberto Máximo. **Produção Fotovoltaica: Legislação, tarifas, tecnologia necessária e viabilidade econômica para a produção numa perspectiva de chave na mão**. 2014. 153 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Electrotécnica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2014.

MORAES, Diego Leonardo Bertol. **Estudo de Instalação Fotovoltaicas Isoladas e Conectadas à Rede Elétrica**. Bolsista Apresentador: Porto Alegre: PUCRS, 2008. p. 890-895. Disponível em: <http://www.pucrs.br/edipucrs/XISalaolC/Ciencias_Exatas_e_da_Terra/Fisica/83367-diegoneleonardobertolmoraes.pdf>. Acesso em: 22 Ago. 2022.

NICÁCIO, Leandro da Silva; CARVALHO, Sérgio Silva de. Sistema de posicionamento de painéis fotovoltaicos utilizando microcontrolador. **Semana Acadêmica**. 2011. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/revistasemanaacademicapainelsolarii.pdf>>. Acesso em: 28 Out. 2022.

OLIVEIRA, Maurício Madeira. **Análise do Desempenho de um Gerador Fotovoltaico com Seguidor Solar Azimutal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Porto Alegre: UFRGS/PROMEC, 2008. 138p.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel - Cresesb, 2014. 530 p. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>>. Acesso em: 19 Out. 2022.

PINTO JÚNIOR, Ary Vaz. **Potencialidades e Energias Renováveis no Brasil: Perspectiva Solar**. SEPLAN. Biblioteca Virtual. Energias Capítulo 10. 2007. 98p.

SEGUEL, Julio Igor López. **Projeto de um Sistema Fotovoltaico Autônomo de Suprimento de Energia usando técnica MPPT e Controle Digital**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Belo Horizonte: UFMG, 2009. 222p.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 5., 2006, Brasília. Brasília: Cbpe, 2006. p. 1 - 16. Disponível em: <http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe_2006.pdf>. Acesso em: 24 Ago. 2022.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 5., 2006, Brasília. Brasília: Cbpe, 2006. p. 1 - 16. Disponível em: <http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe_2006.pdf>. Acesso em: 24 Out. 2022.

SIEMENS. Software Livre SINVERT. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2012. Disponível em: <www.siemens.com/sinvert-select>. Acesso em: 8 Out. 2022.

SILVA, Francisco Daniel Lima. **Análise de uma Simulação Computacional de um Ambiente Climatizado Alimentado pela Rede Elétrica Convencional e por Painéis Solares Fotovoltaicos**. Dissertação (Mestrado

em Engenharia) Porto Alegre: UFRGS, 2011. 84p.

SILVA, Roberto Macêdo S. *et al.* Sistema de Rastreamento Solar. Anhanguera Educacional. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**. Vol. 13, N. 16. p. 281-291. 2010.

SOUZA FILHO, José Ribeiro de. **Projeto, construção e levantamento de desempenho de um concentrador solar cilindro parabólico com mecanismo automático de Rastreamento Solar**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Natal/RN: UFRGN, 2008. 91p.

SOUZA, R. **Análise Financeira Simplificada de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Bluesol Energia Solar, 2015.

TESSARO, Alcione Rodrigo. **Desempenho de um Painei Fotovoltaico Acoplado a um Rastreador Solar**. Mestrado de Engenharia Agrícola. UNIOESTE – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2005, p. 1-9.

VÉRAS, Paulo Claudino. **Estudo dos benefícios e proposta de um modelo de controle de um rastreador solar ativo**. Recife/PE: Universidade de Pernambuco/Escola Politécnica de Pernambuco, 2004. 39p.

16

ENERGIA SOLAR: A IMPORTÂNCIA DESSA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA PARA A SOCIEDADE

*SOLAR ENERGY: THE IMPORTANCE OF THIS ALTERNATIVE
ENERGY SOURCE FOR SOCIETY*

Antônio Augusto Lima da Silva

Resumo

Um grande investimento é feito na forma de geração de energia renovável, ou seja, menos prejudicial ao meio ambiente, atendendo assim as necessidades da sociedade. Uma forma de energia renovável usada para gerar eletricidade é a conversão da energia da luz do sol. As células fotovoltaicas são responsáveis por essa transição e estão recebendo cada vez mais investimentos porque, considerando os prazos terrestres, é uma forma totalmente limpa de gerar eletricidade, utilizando uma fonte inesgotável de energia. A energia solar fotovoltaica é uma das melhores opções para inserção de energia limpa. O objetivo geral deste trabalho é apontar uma visão concisa sobre a importância e contribuições da energia solar para a sociedade. Este estudo foi realizado por meio de pesquisas, onde incluiu uma revisão bibliográfica exposta a partir de uma pesquisa qualitativa e informativa que buscou identificar e compreender as etapas e materiais utilizados para gerar energia elétrica a partir da radiação solar. Convertendo energia solar em eletricidade usando baterias a energia fotovoltaica tornou-se uma alternativa bastante viável, pois utiliza é uma quantidade inesgotável de energia se considerada nas escalas de tempo da terra. além de usar somente a luz solar pode gerar eletricidade, não os módulos fotovoltaicos precisam estar em uma área específica sem fazer barulho processo de conversão, pode ser anexado ao edifício.

Palavras-chave: Fonte Renovável, Energia Solar, Sustentabilidade.

Abstract

A large investment is made in the form of renewable energy generation, that is, less harmful to the environment, thus meeting the needs of society. One form of renewable energy used to generate electricity is the conversion of energy from sunlight. Photovoltaic cells are responsible for this transition and are receiving more and more investments because, considering terrestrial deadlines, it is a totally clean way of generating electricity, using an inexhaustible source of energy. Photovoltaic solar energy is one of the best options for inserting clean energy. The general objective of this work is to point out a concise view on the importance and contributions of solar energy to society. This study was carried out through research, which included a bibliographic review exposed from a qualitative and informative research that sought to identify and understand the steps and materials used to generate electricity from solar radiation. Converting solar energy into electricity using batteries, photovoltaic energy has become a very viable alternative, as it uses an inexhaustible amount of energy if considered on Earth's time scales. in addition to using only sunlight can generate electricity, no photovoltaic modules need to be in a specific area without making noise conversion process, can be attached to the building.

Keywords: Renewable Source, Solar Energy, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade utiliza a energia elétrica de maneira intensiva, nos principais países mais desenvolvidos. Isso se deve ao avanço de tecnologias, bem como ao crescimento populacional e industrial e, também, aos padrões de consumo da sociedade. Em consequência, há o aumento de agentes poluentes no meio ambiente que são causadores de vários efeitos, tais como: desmatamento e desertificação, poluição do solo, do ar e das águas subterrâneas, aquecimento global, efeito estufa e chuva ácida, assim como esgotamento de recursos naturais não renováveis.

Um grande investimento é feito na forma de geração de energia renovável, ou seja, menos prejudicial ao meio ambiente, atendendo assim as necessidades da sociedade. Uma forma de energia renovável usada para gerar eletricidade é a conversão da energia da luz do sol. As células fotovoltaicas são responsáveis por essa transição e estão recebendo cada vez mais investimentos porque, considerando os prazos terrestres, é uma forma totalmente limpa de gerar eletricidade, utilizando uma fonte inesgotável de energia.

Analisando como funciona, percebe-se que, se mais prontamente disponível essa tecnologia, as células fotovoltaicas, seria capaz de gerar uma parcela significativa da matriz energética da Terra de forma totalmente sustentável. Sustentabilidade e foco na redução de poluentes e impacto ambiental são questões que ganham espaço em todos os setores da indústria e da sociedade e a geração de eletricidade através da luz solar, mostrou-se uma alternativa sustentável e de grande potencial. A energia solar é uma das alternativas energéticas mais favoráveis no novo milênio, pois ela é infinita no que diz respeito à escala terrestre de tempo, assim como fonte de luminosidade e calor. Sendo assim, de que forma a energia solar beneficia a sociedade? A energia solar fotovoltaica é uma das melhores opções para inserção de energia limpa.

O objetivo geral deste trabalho é apontar uma visão concisa sobre a importância e contribuições da energia solar para a sociedade e os objetivos específicos são: descrever os aspectos e tecnologias da energia solar; compreender o funcionamento da geração de energia fotovoltaica, seus equipamentos e particularidades e relatar os contribuições da utilização da energia solar. Este estudo foi realizado por meio de pesquisas, onde incluiu uma revisão bibliográfica exposta a partir de uma pesquisa qualitativa e informativa que buscou identificar e compreender as etapas e materiais utilizados para gerar energia elétrica a partir da radiação solar. Os materiais utilizados para elaboração incluem livros, artigos científicos e documentos sobre o assunto, selecionados através de buscas em bases e dados referentes à energia solar como fonte alternativa de energia elétrica.

2. ASPECTOS E TECNOLOGIAS DA ENERGIA SOLAR

A energia solar fotovoltaica é gerada pela conversão da radiação solar em eletricidade, é criado na placa pela diferença de potencial nos lados opostos das junções semicondutoras (camadas de material semicondutor que compõem a placa). Este fenômeno é chamado de efeito fotovoltaico, originalmente observado por Edmund Becquerel, físico francês em 1839. O que Becquerel observou foi que ocorreu em solução condutora após exposição à radiação solar por um período de tempo. Mais tarde, na década de 1980, esse efeito foi estudado em sólidos como o selênio e dez anos depois, a primeira célula fotovoltaica é feita com selênio (GALDINO; LIMA, 2002).



As leis da termodinâmica definem que a massa de energia se deteriora através do processo de transformação. Considerando a quantidade infinita de fontes de energia primária que existem no universo em escalas de tempo humanas, o desafio de todas as sociedades têm sido tentar extrair o máximo de energia útil possível dessas fontes de energia primária na forma de trabalho (HÉMERY et al. 1993). A energia do sol vem da fusão nuclear do hidrogênio que existe dentro dele devido à sua alta temperatura e densidade. Este processo gera energia e produz hélio como subproduto. O Sol tem hidrogênio suficiente para continuar produzindo energia por centenas de bilhões de anos. Portanto, a energia produzida pelo sol é considerada renovável em escala humana (TAVARES, 2000).

Praticamente todas as formas de energia existentes na Terra, tanto as renováveis quanto as não renováveis, provêm do sol em escalas de tempo distintas. A energia do sol possibilita a evaporação, dando origem ao ciclo das águas, e viabilizando o represamento e a geração de hidroeletricidade. Os ventos são originados pela conversão da radiação solar em energia cinética, devido à distribuição desigual da energia do sol no globo. Os combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, são energia solar acumulada durante milhões de anos. Os resíduos de plantas e animais que deram origem a estes combustíveis absorveram energia do sol para o seu desenvolvimento. (CEPEL, 2014).

Existem vários materiais adequados para conversão fotovoltaica, sendo os mais comuns o silício cristalino e o amorfo, que variam em estrutura. O silício cristalino possui uma estrutura molecular proporcionalmente distribuída que apresenta uma perfeita rede de anéis (cristal). Por outro lado, o silício amorfo, hoje mais viável economicamente, possui um espaçamento atômico desproporcional e alguns de seus defeitos são estabilizados por átomos de hidrogênio (KEMERICH et al., 2016). A Figura 01 apresenta a diferença molecular entre silício e amorfo.

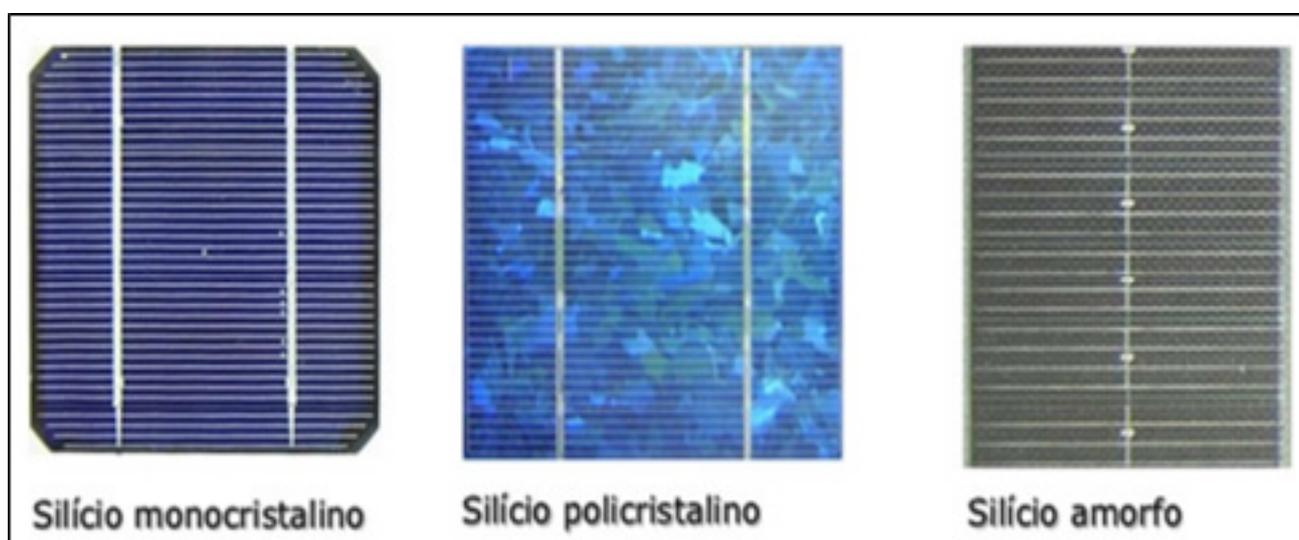


Figura 01: Diferença molecular entre Silício cristalino e amorfo.

Fonte: Portal solar. (2018).

Os painéis fotovoltaicos convertem a energia solar, fonte de energia renovável mais abundante, em eletricidade, tornando-se dessa forma uma das fontes de energia renovável mais promissora. Seu sistema de produção (semicondutores) não possui partes móveis e não libera calor residual, portanto, não altera o equilíbrio da biosfera e não afeta o efeito estufa, pois não queimam combustível, os painéis precisam gerar a eletricidade necessária para ter a instalação real (LIMA; CANCIAN; GONÇALVES, 2015).

A sociedade tecnológica em que vivemos apresenta sérios desafios em termos de sua

própria sustentabilidade e pode ser abordada das mais diversas formas. Desde o início, o homem extraiu da natureza os recursos necessários para satisfazer suas necessidades ou realizar suas atividades, quase sempre vendo a natureza como uma fonte infinita de recursos. Nesse sentido, uma regra muito simples de não gastar mais do que pode obter é quase sempre ignorada. A sustentabilidade, em seus mais variados âmbitos, está intimamente relacionada a essa premissa. Tanto do ponto de vista financeiro quanto do ponto de vista dos recursos naturais, no sentido de não consumir mais recursos do que a própria natureza pode renovar (KEMERICH et al., 2016).

Os raios solares são ondas eletromagnéticas paralelas entre si que chega a Terra em linha reta, essa definição é suficiente para o estudo da radiação solar em aplicações fotovoltaicas. Ao cruzar a atmosfera terrestre, os raios sofrem o efeito da difusão e são desviados e refletidos em todas as direções, mas a maior parte deles, que corresponde à radiação direta, continua sua trajetória em linha reta. É possível instalar os módulos solares de modo a maximizar a captação da radiação direta, melhorando assim o aproveitamento da radiação solar global (LIMA; CANCIAN; GONÇALVES, 2015).

A quantidade total de radiação solar para um objeto no solo é a soma dos componentes direto, espalhado e refletido. Radiação direta é a radiação que vem diretamente do painel solar sem mudar sua direção. A radiação difusa é a radiação que o corpo recebe depois que o corpo mudou a direção dos raios do sol. A radiação refletida depende das características do solo e da inclinação dos interceptores (REIS, 2011). A Figura 02 mostra os componentes da radiação solar no solo.

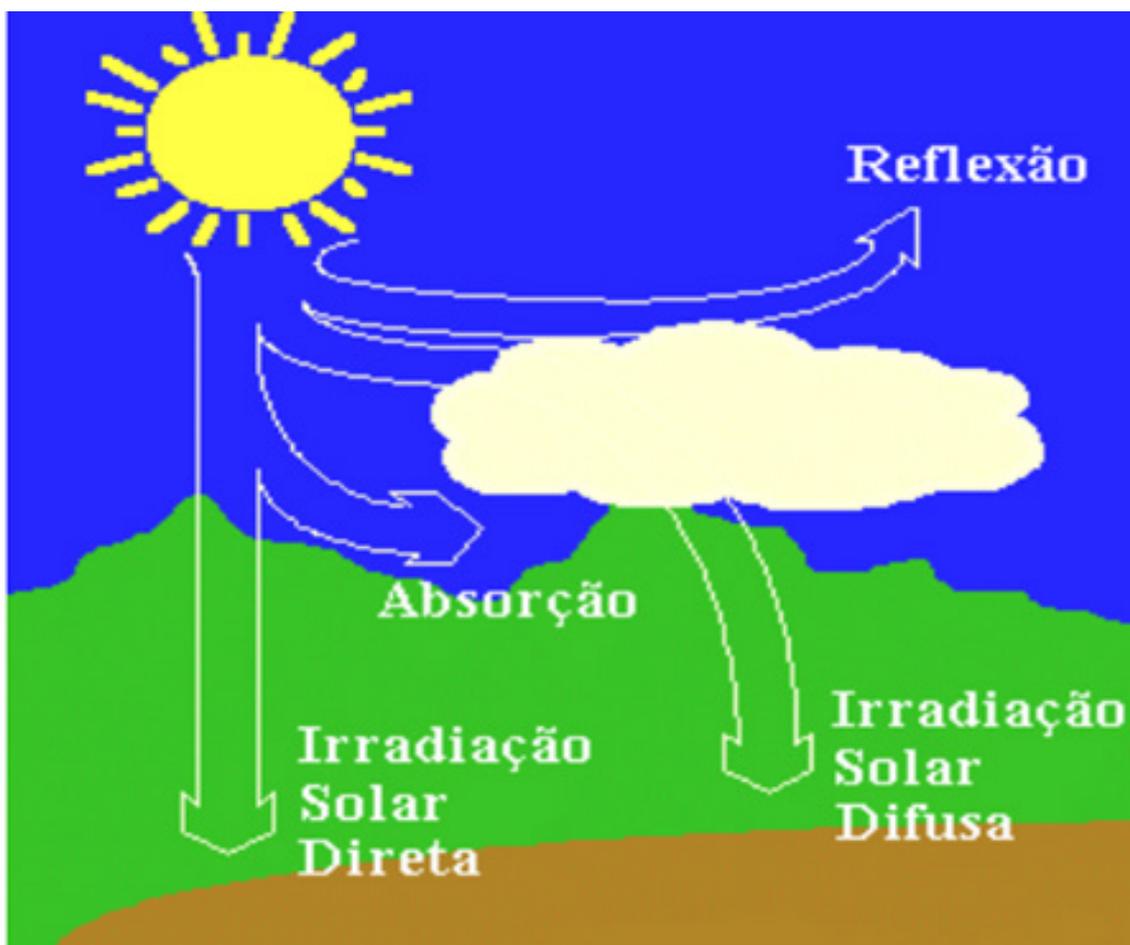


Figura 02: Componentes da radiação solar ao nível do solo.

Fonte: Cresesb, (2006).

No entanto, essa radiação não atinge toda a crosta de maneira uniforme. Isso resultará em latitude, estação do ano e condições atmosféricas, como neblina e umidade relativa. Segundo, Reis (2011, p.212) “a radiação solar ao nível da superfície da Terra varia sazonalmente, principalmente devido à inclinação do seu eixo de rotação em relação ao plano da órbita em torno do Sol”. Depois de passar pela atmosfera da Terra, a maior parte da energia solar é exibida em luz visível, infravermelha e ultravioleta. Esta luz pode ser captada e convertida em outra forma de energia utilizada pelo homem: térmica ou elétrica. Utilizando uma superfície escura para a captação, a energia solar será transformada em calor. E se utilizadas células fotovoltaicas o resultado será a eletricidade. A fração da energia solar que atinge o solo é constituída, portanto, de um componente direto e por um componente difuso (KEMERICH et al., 2016).

3. COMPREENDENDO O FUNCIONAMENTO DA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA, DOS EQUIPAMENTOS E PARTICULARIDADES

O efeito fotovoltaico pode ser observado em elementos chamados semicondutores, que podem ser definidos como elementos que transportam energia de forma mais eficiente do que os isolantes, mas menos eficiente do que os condutores, onde se nota a presença e a ausência completa de elétrons, também conhecida como banda de condução e no meio dessas duas regiões está o gap elétrico, cujo tamanho determina se o material é um semicondutor ou não. Enquanto os elementos isolantes possuem essa banda larga, materiais semicondutores possuem gaps moderados, de modo que fótons na banda visível com energias acima do gap de energia podem excitar elétrons da banda de valência para a banda de condução (CRESESB, 2006).

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais denominados semicondutores, que são caracterizados pela presença de bandas de energia que permitem a entrada de elétrons, denominada banda de valência, e outras bandas de energia vazias, denominada banda de condução. Essas células fotovoltaicas funcionam por fótons colidindo com átomos de um material semicondutor, fazendo com que os elétrons se desloquem. Se esses elétrons puderem ser aprisionados antes de retornarem aos seus orbitais atômicos, eles estarão livres para serem usados como corrente (SILVA et. al, 2017).

Dos vários materiais semicondutores encontrados na Terra, o silício é o mais utilizado, pois seus átomos possuem quatro elétrons na camada de valência, e esses elétrons formam ligações com os elétrons dos átomos vizinhos, formando uma rede. Um material semicondutor é um material que conduz corrente elétrica e sua resistividade diminui com o aumento da temperatura e a presença de impurezas, ao contrário do que ocorre em condutores metálicos comuns. As células fotovoltaicas são as menores unidades que convertem a energia luminosa do sol em energia elétrica, e existem vários tipos dependendo das propriedades do material semicondutor. Quase todas as células fotovoltaicas são fabricadas a partir de silício (CRESESB, 2006).

Os módulos fotovoltaicos podem ser associados em série, paralelo ou ambos para formar painéis fotovoltaicos. No primeiro caso, a conexão é realizada do terminal positivo de um módulo ao terminal negativo de outro. A tensão final é a soma das tensões, enquanto a corrente (para módulos iguais) não é afetada. A associação em paralelo é realizada conectando-se os terminais positivos de todos os módulos entre si e fazendo o mesmo com os terminais negativos (MATAVELLI, 2013).

Seus átomos apresentam quatro elétrons que se associam aos vizinhos formando uma rede cristalina, se forem acrescentados átomos com cinco elétrons de ligação, como

o fósforo (P), a rede terá um elétron a mais, que apresenta uma ligação sensível ao átomo, deste modo uma quantidade pequena de energia é capaz de movê-lo para a zona de condução, por esta razão o fósforo é chamado de dopante doador de elétrons, bem como de dopante P ou impureza P (TAVARES, 2000). A Figura 03 apresenta a formação de energia elétrica através de células fotovoltaicas.

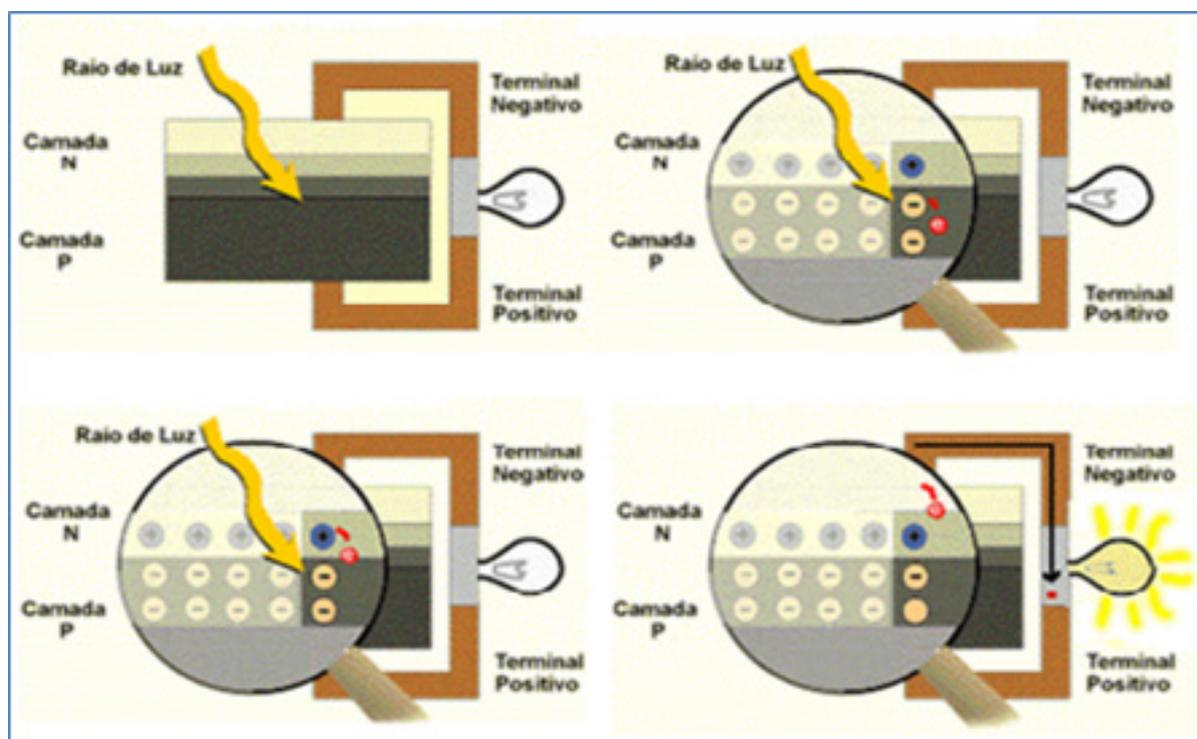


Figura 03: Formação de energia elétrica através de células fotovoltaicas

Fonte: Cresesb, (2006).

Quando uma junção PN recebe fótons de luz visível, com energia maior que o gap, os elétrons são energizados, ocorrendo a geração de pares elétron-lacuna. Caso isto ocorra na região onde o campo elétrico é diferente de zero, as cargas são aceleradas, produzindo uma corrente através da junção. O deslocamento de cargas origina uma diferença de potencial chamado efeito fotovoltaico. Se as duas extremidades do fragmento de silício forem conectadas externamente por um fio, haverá circulação de elétrons. Este processo é a base do funcionamento das células fotovoltaicas (CEPEL, 2006; EPE, 2016).

Um dos pontos mais importantes a ser considerado no dimensionamento e disposição do arranjo fotovoltaico é o efeito de sombreamento. Quando uma ou mais células, que formam os módulos, recebe menos radiação solar do que as outras, sua corrente é capaz de limitar a corrente de todo o conjunto de células em série. A redução da radiação é consequência de fatores como sombreamento parcial, depósito de sujeira sobre o vidro, entre outros. A redução de corrente dentro do conjunto de células de um módulo pode ser propagada para todos os módulos em série (CÂMARA, 2011).

Existe uma ampla variedade de tecnologias para células fotovoltaicas que podem ser divididas em três categorias: Primeira, Segunda e Terceira Geração. As tecnologias de Primeira Geração são aquelas de camada única de silício cristalino, separadas em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-si) e silício policristalino (p-Si). Por apresentarem estabilidade e altas eficiências, entre 15 e 20%, são as tecnologias mais utilizadas, compondo cerca de 85% do mercado. Em contrapartida, essas células são rígidas e demandam muita energia no processo de fabricação (SOBRINHO, 2016).

A célula mais utilizada como conversor direto de energia solar em energia elétrica é a de silício monocristalino. Esse sistema apresenta tecnologia para produção muito básica, porém consideravelmente organizado. Já o silício policristalino passa por processos de fabricação mais simples e de menor custo. Como a impureza é maior, a qualidade do material é inferior. Um sistema fotovoltaico é constituído por três principais conjuntos: bloco gerador, bloco de condicionamento de potência e, opcionalmente, bloco de armazenamento. O bloco gerador possui os arranjos fotovoltaicos, compostos por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os conecta e a estrutura de suporte (DIENSTMANN, 2009).

As características elétricas dos módulos fotovoltaicos podem ser afetadas pela irradiância solar e pela temperatura das células. A corrente elétrica produzida pelo módulo aumenta de acordo com o aumento da irradiância solar. A corrente de curto-circuito apresenta crescimento linear em função da irradiância. Outro fator que afeta o desempenho dos módulos fotovoltaicos é a temperatura. O aumento da temperatura das células causa uma queda importante de tensão. A corrente experimenta uma elevação muito pequena que não supre a perda causada pela diminuição da tensão. A energia solar fotovoltaica é considerada a mais ampla, pois atende a todas as demandas de energia da unidade de consumo, a implantação de células fotovoltaicas, deve ser feita em locais onde existe uma boa insolação, para obter melhor desempenho do sistema elétrico (DIENSTMANN, 2009).

A norma NBR 10899 (ABNT, 2013) define o módulo fotovoltaico como a unidade básica de um sistema fotovoltaico, sendo formado por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica. Converter energia solar em eletricidade com células solares tornou-se uma opção muito importante, pois utiliza uma fonte inesgotável de energia na escala de tempo da Terra. Além de utilizar apenas a luz solar para produzir eletricidade, os módulos solares não precisam estar localizados em locais específicos, não geram ruído durante o processo de conversão e podem ser conectados a edificações (MATAVELLI 2013).

4. AS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA USINA SOLAR

A aplicação da energia solar fotovoltaica tem muitas vantagens, é uma fonte de energia renovável e limpa, pois não produz poluição. A vida útil da placa de geração de energia é superior a 25 anos e quase nenhuma manutenção é necessária. O sistema é relativamente simples de instalar e não consome nenhum tipo de combustível. A vantagem mais relevante é que a luz solar é gratuita para todos os habitantes da Terra e é um recurso abundante na Terra (DIENSTMANN, 2009).

Não consome nenhum tipo de combustível, não emite poluição ou contamina o meio ambiente de qualquer maneira, não produz poluição sonora, as placas são resistentes a condições climáticas externas, não apresenta componentes do sistema móveis e por isso a necessidade de manutenção é reduzida, possibilita um acréscimo na potência instalada com a simples instalação de novos módulos, produz energia ainda que o tempo esteja nebuloso (REIS, 2011).

Além do aumento da disponibilidade elétrica e os benefícios ambientais, pois o processo de geração de energia solar, não gera resíduo, e o desenvolvimento tecnológico da energia solar, além de movimentar a economia nacional, também gera muitos empregos, gerando profissionais capacitados, além de que a utilização deste meio de geração de energia renovável, por não liberar calor residual, não altera o equilíbrio da biosfera, não envolve queima de combustível, não gera nenhum tipo de poluição, exige o mínimo de

manutenção, sua instalação é muito simples e fácil, não causa impacto no meio ambiente e evita por completo o efeito estufa (TAVARES, 2000).

Entretanto por mais que a geração de energia solar fotovoltaica tenha muitas vantagens, a exploração de qualquer fonte de energia provoca alterações, as usinas solares térmicas empregam fluidos tóxicos e ocupam grades áreas altera o ambiente em volta, apesar dos impactos negativos as fontes renováveis são limpas e seguras quando comparadas as não renováveis, outro ponto negativo é o custo de investimento elevado para instalação de usinas solares (PEREIRA et al., 2006).

As vantagens da energia solar são que ela é renovável, rica em recursos, ocupa um espaço pequeno e, principalmente, não libera gases poluentes no meio ambiente. Por outro lado, o princípio do cultivo de energia através dos raios solares é oneroso e afetado pelo ambiente climático, além de baixo ganho e baixa capacidade de armazenamento (FLÓREZ, 2010).

A energia solar está associada a muitos benefícios, pois aproveita as energias renováveis e limpas, o sol, não produz resíduos ou gases poluentes, reduz o uso de combustíveis fósseis, ajuda a minimizar o efeito estufa, que é uma grande preocupação. no investimento quando um painel fotovoltaico recupera a energia desperdiçada na sua fabricação, montagem e manutenção em cerca de seis meses. Há também empregabilidade, pois a construção de painéis solares pode gerar renda, reanimar a economia da região e criar mão de obra qualificada (FLÓREZ, 2010).

A energia solar contribui não só para o bem-estar dos seres humanos, mas também para o bem-estar de todo o planeta, tendo em vista que esta forma de obtenção de energia não prejudica o meio ambiente, elimina grandes quantidades de emissões de dióxido de carbono na atmosfera, promove o desenvolvimento econômico e também promove a segurança energética. É importante que a população se conscientize sobre o uso eficiente de fontes renováveis e limpas de energia (CÂMARA, 2011).

A energia solar é uma ótima solução para levar eletricidade a famílias e pequenos produtores que vivem em áreas remotas. Instalar uma microfábrica autoportante em qualquer telhado distante dos grandes centros urbanos é uma operação mais econômica do que uma empresa conectada à rede. A utilização de células solares para produção de eletricidade é uma alternativa eficaz e excelente, que o excesso de eletricidade produzida em residências e instituições com tal sistema seja direcionado para a rede elétrica, e os responsáveis pela mesma sejam apoiados por incentivos ou reembolsos. (MATAVELLI, 2013).

A geração distribuída é uma grande vantagem da tecnologia fotovoltaica, pois essa tecnologia pode ser instalada próxima à própria edificação, bem como próximo ao ponto de consumo, diferentemente da energia hidrelétrica, que requer uma área de geração muito grande e muitas vezes está localizada distante do local. o ponto de consumo. Essa geração remota, característica do Brasil, implica em uma grande infraestrutura de transmissão e distribuição, o que inevitavelmente gera maiores custos e perdas (FLÓREZ, 2010).

A escolha de um sistema de geração distribuída permite que os sistemas fotovoltaicos proporcionem alguns benefícios para as concessionárias. Isso se deve à adição de energia à rede, reduzindo as perdas de transmissão e, principalmente, retardando os custos de expansão, pois os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados e fornecer suporte de capacidade para alimentadores considerados críticos para o sistema (JARDIM, 2007).



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apontado ao longo deste trabalho, o uso de energias renováveis e limpas já é uma realidade em todo o mundo. A energia solar, por sua vez, vem ganhando cada vez mais espaço nas energias renováveis, seja por ser de fácil instalação ou por não necessitar de muito espaço se comparado aos parques eólicos. A conversão de energia solar em eletricidade utilizando células fotovoltaicas tornou-se uma alternativa bastante viável, pois utiliza uma fonte inesgotável de energia se considerada em escala de tempo terrestre. Além de utilizar apenas a luz solar para gerar eletricidade, os módulos fotovoltaicos não precisam estar localizados em uma área específica, não produzem ruído durante a conversão e podem ser acoplados a edifícios.

Notavelmente, a conversão da radiação solar para gerar eletricidade é uma tecnologia de geração de energia promissora, limpa e renovável. O objetivo da utilização desses tipos de sistemas é reduzir ou eliminar as contas mensais de energia, bem como reduzir as emissões de gases de efeito estufa no meio ambiente, além de contribuir para a diversificação da matriz elétrica por meio de fontes renováveis de energia. A energia solar fotovoltaica tem vários benefícios econômicos, sociais e ambientais. Entre elas, principalmente: os consumidores têm maior liberdade de escolha, passam a utilizar a eletricidade para gerar eletricidade e têm melhor controle sobre seus gastos; criam muitos empregos locais de qualidade; baixo impacto ambiental e contribuição para o desenvolvimento sustentável.

O presente trabalho tenta mostrar a importância do consumo de energia solar fotovoltaica residencial e até que ponto o uso desta energia alternativa pode ser utilizada não só para geração de energia, mas também para o meio ambiente, os benefícios da geração de energia, é mais vantajoso.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 10899: **Energia Solar fotovoltaica** – Terminologia. Segunda edição. 2013.
- CÂMARA, C. F. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. 2011.
- CEPEL ELETROBRAS, **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>. Acessado em 01 out. 2022.
- CRESESB. **Energia Solar: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acessado em 01 out. 2022.
- DIENSTMANN, Gustavo. **Energia Solar**. Uma Comparação de Tecnologias. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. Rio de Janeiro, 2016.
- FLÓREZ, S. **A Energia Renovável é o futuro**. Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe. Departamento de Geodésia – IG/UFRGS. Porto Alegre. 2010.
- GALDINO, M. A.; LIMA, A. A. N. Avaliação Técnico-Econômica da Aplicação de Sistemas Fotovoltaicos Individuais e de Centrais com Minirredes na Eletrificação Rural. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. II, p. 117-128, 2002.
- HÉMERY, D.; DEBEIR, J. C.; DELÉAGE, J.P. **Uma história da energia**. Editora da UNB. Brasília, 1993.
- JARDIM, C. D. S. **A Inserção no Contexto Brasileiro de Sistemas Solares Fotovoltaicos Interligados à Rede Elétrica**, quando analisados através do Fator Efetivo de Capacidade de Carga (FECC), enfocando a redução

do pico de demanda diurno em centros urbanos. PPGEC, UFSC, Florianópolis, 2007.

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v.20, n. 1, jan.-abr. p. 241-247, 2016.

LIMA, Diego Lopes de; CANCIAN, Eliton Everaldo; GONÇALVES, Júlio Aparecido. **Aplicação de energia fotovoltaica em sistema de segurança e bombeamento de água**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Mecânica Automação e Sistemas) Universidade São Francisco Campinas, Campinas, 2015.

MATAVELLI, Augusto Cesar. **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. Monografia (Graduação do Curso de Engenharia Química). Escola de Engenharia de Lorena. Universidade de São Paulo. Lorena. 2013.

PEREIRA, Ê. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006.

PORTAL SOLAR, **Tipos de Pannel Solar Fotovoltaico**. Disponível em < <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-pannel-solar-fotovoltaico.html> />. Acesso em: 05 out 2022.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. 2ªed. Manole. Barueri, 2011.

SILVA, Franklin Gomes da; MACIEL, Marcelo Augusto Alves; FRANÇA, Neirivan Barros. Energia Solar Fotovoltaica: Um Estudo De Possibilidades para o Município de Conceição do Araguaia – Pa. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.6, n.4, p. 705-726, 2017.

SOBRINHO, L. C. O. **Desenvolvimento e Pesquisas na Terceira Geração de Células Fotovoltaicas**. Projeto de Graduação, Escola Politécnica/ UFRJ. Rio de Janeiro, 2016.

TAVARES, M. Aprendendo sobre o Sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 22, no. 1, 2000. Disponível em: https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_78.pdf. Acessado em 15 out 2022.



17

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: O IMPACTO DA PRIVATIZAÇÃO DAS CONCESSIONÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA

*ENERGY EFFICIENCY: THE IMPACT OF THE PRIVATIZATION
OF ELECTRIC ENERGY UTILITIES*

Jefferson Costa Caldas da Silva

Resumo

O setor elétrico no início da década de 80 era caracterizado pela gestão estatal e eram poucas concessionárias que estavam no regime de capital privado, nesse período percebeu-se a falta de recursos, investimentos para a implantação de tecnologias, além de retardar de forma significativa a criação de novas hidrelétricas, dificultando o crescimento do setor. Em uma empresa privada o objetivo principal é o lucro. As concessionárias buscam o uso racional da energia, a eficiência energética é uma pauta que entrou em discussão nos últimos anos. A variação do lucro está diretamente ligada às escolhas dos acionistas, diretoria, administradores, enquanto em uma empresa pública o objetivo principal nem sempre é maximizar o lucro. Objetivo: Realizar um panorama entre a utilização racional energética, e a privatização das concessionárias do setor elétrico e os impactos causados. Esta pesquisa foi realizada por meio da análise de artigos científicos em bases de dados online que procedam sobre a forma que a privatização contribui para a eficiência energética. Conclusão: Diversos outros fatores podem estar associados com o desempenho técnico e financeiro de uma concessionária de distribuição de energia elétrica. Estes fatores podem estar associados a fatores climáticos, regionais, infraestrutura local, entre outros, conforme estudado em alguns trabalhos utilizados como referência.

Palavras-chave: Setor Elétrico. Empresa Privada. Concessionárias.

Abstract

The electricity sector in the early 1980s was characterized by state management and there were few concessionaires that were in the private capital regime, in this period there was a lack of resources, investments for the implementation of technologies, in addition to significantly delaying the creation of new hydroelectric plants, hindering the growth of the sector. In a private company the main objective is profit. Concessionaires seek the rational use of energy, energy efficiency is an issue that has come under discussion in recent years. The variation in profit is directly linked to the choices of shareholders, directors, administrators, while in a public company the main objective is not always maximize profit. Objective: To make an overview between the rational use of energy, and the privatization of concessionaires in the electricity sector and the impacts caused. This research was carried out through the analysis of scientific articles in online databases that deal with the way that privatization contributes to energy efficiency. Conclusion: Several other factors may be associated with the technical and financial performance of an electricity distribution utility. These factors may be associated with climatic, regional factors, local infrastructure, among others, as studied in some works used as a reference.

Keywords: Electric Sector. Private company. Concessionaires.



1. INTRODUÇÃO

O setor elétrico no início da década de 80 (oitenta) era caracterizado pela gestão estatal e eram poucas concessionárias que estavam no regime de capital privado, nesse período percebeu-se a falta de recursos, investimentos para a implantação de tecnologias, além de retardar de forma significativa a criação de novas hidrelétricas, dificultando o crescimento do setor.

Com a exaustão do modelo estatal houve uma reestruturação do campo, desmembramento de empresas, mudanças de controle acionários, além da busca pela eficiência energética, de que maneira essas mudanças impactaram e influenciam na atuação das concessionárias, a repercussão das privatizações, além da atuação da eficiência energética como um diferencial mercadológico.

Esta temática tem grande impacto no cenário da economia e está em foco a eficiência energética e a desestatização do setor energético partiu da possibilidade de estudos, e bibliográficas focados no assunto e as consequências que a privatização trouxe para o consumidor, e em relação a sua eficiência. Esta pesquisa irá abordar as melhores práticas em economia de energia elétrica nos seus usos finais, exemplificando processos produtivos, econômicos e pouco impactantes em relação a recursos naturais, analisando suas eficácias e resposta da privatização nesse processo.

Utilizar a energia elétrica de forma racional pode gerar um mercado mais competitivo, onde os setores de maior e menor demanda energética poderão ter gastos e custos menores já que a preocupação com recursos naturais está vastamente presente tendo em vista que os recursos são limitáveis e as necessidades humanas são ilimitadas. De que forma a privatização das concessionárias de distribuição de energia elétrica contribuem para a eficiência energética?

Diante disso, esse estudo visa realizar um panorama entre a utilização racional energética, e a privatização das concessionárias do setor elétrico e os impactos causados, onde pretende conceituar eficiência energética e apresentar as principais barreiras para o desenvolvimento dessa no Brasil; Averiguar como a eficiência energética pode atuar como diferencial mercadológico; Compreender a atuação das concessionárias de energia no Brasil bem como sua relação com a eficiência energética e as vantagens e desvantagens referentes à privatização do setor.

Esse trabalho foi realizado através de uma revisão bibliográfica, que se trata de uma pesquisa literária qualitativa e descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes dados (livros, site de bancos de dados como: Scielo, Google Acadêmico, Pubmed e Lilacs. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos cinco anos. As palavras-chaves utilizadas na busca foram: Privatização energética, Eficiência energética, Eletricidade no Brasil, Impactos da Privatização.

2. A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE NO BRASIL

A história registra o interesse do governo com a implementação do serviço público de energia elétrica no Brasil, esse fato é datado de 1879 quando D. Pedro II Concedeu a Thomas A. Edison a possibilidade de instalar os seus aparelhos para a utilização da eletricidade na iluminação pública. (ELETROBRÁS,2018)

Serão citados alguns fatos marcantes e históricos em relação a eletricidade no país. De acordo com Werneck (2018), foi nesse mesmo ano que a primeira “iluminação pública” de caráter permanente aconteceu, na cidade do Rio de Janeiro. Alguns anos mais tarde, mais precisamente em 1881 ocorreu a instalação da iluminação de um trecho do Jardim do Campo da Aclamação, que foi promovida pela diretoria dos Correios também em terras cariocas. Dois anos mais tarde houve a inauguração da primeira usina hidrelétrica do Brasil, localizada em Ribeirão do Inferno.

Ainda no ano de 1883 aconteceu a criação do pioneiro serviço público de iluminação municipal e da América do Sul, na cidade de Campos, de 1883 a 1889 houve construções de pequenas usinas com o objetivo de fornecer iluminação pública e também com aplicações industriais. A literatura sinaliza esses momentos como a primeira fase da história da eletricidade (ELETROBRÁS, 2018).

Alguns eventos que foram marcantes nos primórdios da eletricidade no Brasil, serão apresentados de maneira sintética como: a criação da LIGHT no Rio de Janeiro e o surgimento das primeiras leis e decretos. Lei nº 1.145, de 31 de dezembro de 1903 e o Decreto de nº 5.704 de 10 de dezembro de 1904, que foram importantes para o surgimento da regulamentação federal da indústria elétrica no Brasil. (DIREITO DO ESTADO, 2018).

Após a segunda guerra mundial o cenário elétrico entrou em crise, a demanda era maior que a produção. Os racionamentos eram comuns e a autoprodução se tornou forte. Em 1954 foi criado o Fundo Federal de Eletrificação e criado o imposto Único sobre energia elétrica visando a capitalização do setor. O setor elétrico se torna uma peça-chave para o crescimento e desenvolvimento do país ganhando a atenção de toda a sociedade. (TEIXEIRA, 2019).

Foi no governo de Juscelino Kubitschek que o processo de estatização iniciou onde o Decreto de nº 41.019, de 26 de fevereiro de 1957, no qual foram estabelecidas as bases estruturais e conceituais que ainda estão em plena vigência. (BRASIL, 2018). Um ano depois foi criada a Companhia elétrica do Maranhão- CEMAR e dezenas de outras de igual importância. O Setor elétrico expandiu-se com a participação do poder público, mas ainda havia o impacto significativo do capital estrangeiro nas empresas. (ELETROBRÁS, 2018).

Alguns anos mais tarde o Brasil passaria por um processo de desestatização, e a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL em 1996. O desenvolvimento foi acelerado, o evento da criação de ITAIPU na década de 70, pode ser citado como grande propulsor. Depois desse panorama resumido, pode-se ter um vislumbre de como ocorreu o sistema elétrico no Brasil.

A situação econômica que o país enfrentava na década de 90 (noventa), o aumento da dívida interna, propiciou a venda das distribuidoras de energia, nesse contexto percebe-se de forma geral, que o Brasil passou por três etapas: A primeira privatizante que aconteceu até o início de 1960; A segunda caracterizada pela presença do estado, tanto federal quanto estadual, que vigorou de 1960 até 1992. A atual fase de privatizações que se iniciou com término da segunda na década de 90 (WENECK, 2018).

2.1 Panorama das privatizações no Brasil

Em uma empresa privada o objetivo principal é o lucro. A variação do lucro está diretamente ligada às escolhas dos acionistas, diretoria, administradores, enquanto em uma empresa pública o objetivo principal nem sempre é maximizar o lucro. Privatizar vem do latim *privus*, que significa “particular” (In.: Dicio, 2022).



Zilber et al, (2020, p.45) afirma que:

Privatização, em sentido amplo, “abrange todas de medidas com o objetivo de diminuir o tamanho do Estado e que compreendem, fundamentalmente: desregulação (diminuição da intervenção do Estado no domínio econômico); desmonopolização de *atividades econômicas*; c) a venda de ações de empresas estatais ao setor privado (*desnacionalização ou desestatização*) a concessão de serviços públicos (*com a devolução da qualidade de concessionário à empresa privada e não mais a empresas estatais, como vinha ocorrendo*); os contracting out (como forma pela qual a Administração Pública celebra acordos de variados tipos para buscar a colaboração do setor privado, podendo-se mencionar, como exemplos, os convênios e os contratos de obras e prestação de serviços); é nesta última formula que entra o instituto da terceirização.

É a prática na qual uma empresa ou instituição pública é vendida ao setor privado. Dessa maneira, o Estado deixa de gerir uma determinada entidade, passando-a para uma empresa privada.

Com as privatizações diversos decretos, e portarias foram sancionadas para regulamentar e assegurar a qualidade no serviço prestado pelas concessionárias de energia elétrica. O consumidor ao longo dos anos, e com a criação de órgãos de proteção, passou a ter maior conhecimento e preocupação com a qualidade dos serviços e os impactos que esses serviços possuem na sociedade e no meio ambiente (BRASIL, 2018).

O sistema elétrico brasileiro é na sua grande maioria privado, segundo Reis; Teixeira et al, as privatizações entre 1995 e 2000 aconteceram em 23 empresas, iniciando-se em 12/7/1995, pela privatização da Espírito Santo Centrais Elétricas S/A (ESCELSA), e findando-se em 30/11/2000, com a venda da Sociedade Anônima de Eletrificação da Paraíba (SAEL-PA). Dessas privatizações: 4 empresas eram geradoras de energia elétrica; e 19 eram distribuidoras (2 estatais federais e 17 estatais estaduais); levando em consideração esse cenário analisar de que maneira as privatizações impactaram no desenvolvimento do mercado e suas contribuições para a eficiência elétrica.

Tais privatizações fizeram parte do Programa Nacional de Desestatização (PND), criado em 1991 pelo governo federal, com o intuito de enxugar a máquina pública, como possível forma de reduzir os custos das empresas vendidas e, conseqüentemente, melhorar suas eficiências (ESPOSITO, 2018).

Diversos estudos apontam que os indicadores financeiros das concessionárias privatizadas melhoraram em relação as públicas, gerando mais lucros para seus acionistas. Como já foi dito as empresas privadas seguem uma lógica particular; objetivam maximizar seus lucros por meio de eficiência operacional e aumento da produtividade, enquanto as empresas de distribuição públicas geralmente não estão preocupadas com questões como dividendos e geração de recursos para os acionistas, mas principalmente com o benefício público em geral. Em contrapartida, as empresas públicas sofrem com questões políticas, a instabilidade política, nas esferas estadual e federal (ZILBER et al., 2020).

As concessionárias buscam o uso racional da energia, a eficiência energética é uma pauta que entrou em discussão nos últimos anos, a criação do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) em 1985, que foi uma iniciativa do governo federal. Entre as obrigações previstas nos contratos de concessão firmados entre as empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica e a ANEEL podemos citar a aplicação anual de, no mínimo, 0,4% da receita operacional líquida das empresas

em ações de combate ao desperdício de energia elétrica (DIREITO DO ESTADO, 2022).

A eficiência energética ficou em segundo plano quando ocorreu a reforma do setor energético no Brasil, nos países industrializados e com forte consciência ambiental, essa realidade é outra, pois políticas e ações corroboram para a busca da eficiência. Vinculado a tudo isso, o mercado de eficiência ainda está pouco desenvolvido em comparação a grandes expoentes energéticos. Em relação aos Estados Unidos a eficiência energética brasileira está a 20 anos atrás, segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (SOUZA, 2019, p.11).

Alguns projetos que foram adotados pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, podem ser citados, como: o projeto Bônus para troca de eletrodomésticos, que acontece na Bahia. Esse projeto de substituição tem sido um dos mais usados por diversas concessionárias no país. O projeto da Light, no estado do Rio de Janeiro, consiste na troca de resíduos recicláveis por créditos na conta de energia. A mesma premissa desse projeto acontece no Maranhão, realizado pela Equatorial Energia, antes conhecida como CEMAR, Companhia Energética do Maranhão, “os projetos citados geram impactos na eficiência energética, de maneira direta para o consumidor”, de acordo com Schons et al. (2018, p 6).

3. A ESTRUTURA DO SETOR ELÉTRICO NO BRASIL

A energia elétrica figura como elemento essencial à sociedade, sendo indispensável ao desenvolvimento socioeconômico das nações. No cenário atual com a política do desenvolvimento sustentável em alta, a geração de energia de forma limpa, representa um grande passo em busca do tão sonhado meio ambiente ecologicamente equilibrado (EXPOSITO, 2018).

Desta forma, a grande preocupação mundial tem sido a degradação ambiental, bem como o fato das fontes utilizadas atualmente para o fornecimento de energia serem esgotáveis e já se perceber a aproximação do fim.

A maior parte do consumo de energia mundial ainda é baseado em fontes não renováveis, citando-se dentre as principais fontes utilizadas o petróleo, o carvão mineral e o gás natural, as energias renováveis utilizadas podem ser consideradas em um índice irrisório em relação a todo o consumo de energia no mundo (VILLALVA, 2018).

Exposito (2018) afirma que a emissão dos gases do efeito estufa responsável por mudanças climáticas apontam para uma crise ambiental sem precedentes e apesar de se saber a necessidade de modificar o uso das fontes de energias não renováveis para as renováveis, ainda não se sabe ao certo até que ponto essas energias poderão suprir o cenário energético mundial. De acordo com o autor, a perspectiva é que em 2030 o petróleo mantenha uma participação de 35% da oferta energética mundial, enquanto o carvão mineral responderá por 22% e o gás natural por 25%, enquanto as fontes de energia renováveis devem ficar em torno de 14% já considerando hidráulica, biomassa, solar, eólica, geotérmica. Assim, é possível perceber que as expectativas estão aquém do que se necessita, mesmo considerando 14 anos à frente.

Segundo a ANEEL (2019, p. 7):

No Brasil, a principal fonte de geração é a hidrelétrica (água corrente dos rios), que responde por 65% da capacidade instalada em operação no país, das termelétricas (gás natural, carvão mineral, combustíveis fósseis, biomassa e



nuclear), 28%. O restante é proveniente usinas eólicas (energia dos ventos) e importação da energia de outros países. As geradoras produzem a energia, as transmissoras a transportam do ponto de geração até os centros consumidores, de onde as distribuidoras a levam até a casa dos cidadãos. Há ainda as comercializadoras, empresas autorizadas a comprar e vender energia para os consumidores livres (geralmente de consumidores que precisam de maior quantidade de energia).

O cenário energético brasileiro é favorecido pelas próprias características do seu território, considerando o clima e os bens naturais que favorecem o uso de diferentes fontes de energia, tendo, por esse motivo, uma matriz elétrica predominantemente renovável, tanto que tem se destacado entre os demais países do mundo como um dos maiores investidores nessas fontes alternativas de energia.

De acordo com Galvão (2018), o Brasil tem como característica predominante em seu cenário energético o potencial para a produção de combustíveis fósseis, bem como o fato de 75% da potência de geração de energia brasileira ser proveniente das usinas hidroelétricas. O autor destaca também o potencial de exploração de urânio, todavia, mencionam que o uso dessa fonte ainda é complexo já que envolvem muitas questões relacionadas ao impacto ambiental.

Lorenzo (2019) complementa afirmando que a geração de energia elétrica brasileira tem sua maior estrutura voltada para as usinas hidroelétricas, fator justificado pela situação privilegiada do país, que é repleto de rios de planalto, que são abastecidos por chuvas tropicais, mesmo com a matriz energética brasileira se mostrando bastante diversificada, a água ainda é a base da geração de energia do país.

Para a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (ABRADEE), o setor elétrico funciona como uma verdadeira indústria, este termo remete a um conjunto de atividades que visam à manipulação de matérias-primas para a produção de bens de consumo. No caso da indústria da eletricidade, o bem-produzido é a energia elétrica (KASSAI, 2018).

Diferentemente de outros sistemas de redes e serviços essenciais, como serviço de abastecimento água e gás, a energia elétrica não pode ser armazenada de forma economicamente viável e isso acarreta a necessidade de um equilíbrio perfeito entre oferta e demanda, ou seja, a energia consumida deve ser produzida instantaneamente, quando ocorrem desequilíbrios, mesmo que por pequenos intervalos de tempo, todo o sistema elétrico corre o risco de desligamentos ocasionando os famosos “apagões” (ANDRADE, 2019).

O Balanço Energético Nacional (BEN), demonstra que o Brasil possui diferentes fontes de geração de energia, sendo esta predominantemente renovável, continuando em destaque as usinas hidroelétricas que correspondem a 65,2% da oferta de energia do país, com as fontes renováveis respondendo por 74,6%, enquanto as fontes não renováveis ficam com 25,4% da oferta interna (REZENDE, 2018).

Salienta-se que a qualidade de vida de uma sociedade está intimamente ligada ao seu consumo de energia. Portanto, a energia elétrica, que já se tornou um recurso fundamental na vida do ser humano, é hoje a forma de energia mais utilizada atualmente e deve continuar crescendo nos próximos anos. A demanda de energia elétrica brasileira deverá crescer a uma taxa média de 3,3% ao ano (GOULART, 2018).

O cenário energético brasileiro ainda é promissor, com amplas possibilidades de aumentar o uso de energias renováveis. Lorenzo (2018), mencionando o estudo Energy Outlook (NEO), feito pela Bloomberg New Energy Finance (BNEF), que elucida que até 2040, o Brasil deverá atrair US\$ 300 bilhões em investimentos para o setor de energia

elétrica, sendo desse montante 70% destinado à energia solar e eólica, isso porque nos últimos anos, os brasileiros assistiram a uma crise energética no país que foi agravada pelos quadros de seca, que demonstraram a necessidade do país reduzir a dependência das usinas hidroelétricas e buscar alternativas que possam suprir a demanda.

3.1 Indústria de energia elétrica brasileira

De acordo com a ANEEL (2019), o sistema elétrico brasileiro permite o intercâmbio da energia produzida em todas as regiões do Brasil e também do exterior no caso das Hidrelétricas binacionais, exceto nos sistemas isolados, principalmente na região Norte. Esta integração da energia somente é possível devido ao Sistema Interligado Nacional (SIN). O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) define o que é o SIN:

Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidrotérmico de grande porte, com forte predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica (ONS, 2018, p. 1).

Andrade (2019) considera que a indústria da eletricidade possui dois aspectos, o técnico e regulatório. No aspecto técnico a indústria de energia elétrica é basicamente composta por geradores espalhados pelo país e pelas linhas de transmissão e de distribuição de energia, que compõem a chamada indústria de rede. Todo o sistema é eletricamente conectado, exigindo o balanço constante e instantâneo entre tudo o que é produzido e consumido.

Já no aspecto regulatório, a indústria de energia elétrica é constituída por agentes independentes que produzem ou transportam ou comercializam a energia elétrica. Os fluxos financeiros no sistema são diferentes dos fluxos energéticos físicos, isso pelo fato de que não se pode receber a energia diretamente de um único gerador, mas sim de todos os geradores ao mesmo tempo (ANDRADE, 2019).

A indústria da eletricidade no Brasil é composta por quatro segmentos: geração, transmissão, distribuição e comercialização. A geração de energia é o segmento responsável pela produção energia, atividade que demanda grandes investimentos e, por este motivo, representa uma parcela significativa na composição do preço setorial. A Transmissão é responsável por conduzir a energia produzida, interligando aos grandes centros de consumo, através de estruturas e redes de alta tensão, segmento cujo planejamento é de extrema importância para redução das perdas inerentes à condução da corrente elétrica. A Distribuição, responsável pelo suprimento desta energia transportada para os consumidores finais, facilmente identificáveis nas cidades, este setor representa a qualidade e a capacidade de fornecimento da energia (ELETROBRÁS, 2018).

As comercializadoras são agentes autorizados a comprar e vender energia para consumidores, geralmente grandes empresas, chamados de consumidores livres. A função das comercializadoras é intermediar operações com energia podendo atuar tanto no atacado, comercializando com as empresas distribuidoras de energia, quanto no varejo, vendendo para consumidores finais.

Os segmentos da indústria elétrica são dependentes entre si, ou seja, para que o produto final chegue ao seu destino com qualidade é imprescindível que todas as fases do processo funcionem em perfeita sintonia. Se ocorrer falhas em qualquer um deles, acarretará uma má prestação do serviço, comprometendo sua eficácia, tais como apagões, quedas de energia, fornecimento precários e outros distúrbios provenientes do desequilíbrio entre geração, transmissão, distribuição e comercialização (ANEEL, 2019).

Em muitos casos, como o de fornecimento de energia elétrica para as residências, a atividade de comercialização é realizada juntamente com a de distribuição. Entre a produção da energia elétrica até o seu consumo final existe um longo caminho pelo qual a energia elétrica é transportada, o qual é composto pelas redes de transmissão e de distribuição (MACHADO, 2019).

Entre as redes de transmissão e de distribuição existe, em muitas situações, uma outra rede com a função de repartir a energia ao conjunto das instalações e equipamentos que se prestam para a geração (conversão de uma dada forma de energia em energia elétrica) e transmissão de grandes blocos de energia dá-se o nome de sistema elétrico de potência (SEP) (SIL, 2019).

Normalmente as fontes de energia elétrica ditas convencionais são as usinas hidrelétricas de grande porte (com potência acima de 30 MW) e as usinas termelétricas movidas a carvão mineral, óleo combustível, gás natural ou nucleares, consumindo neste último caso o urânio enriquecido (GALVÃO, 2018).

Como fontes alternativas de energia elétrica existe uma gama de possibilidades, incluindo energia solar fotovoltaica, usinas eólicas, usinas utilizando-se da queima da biomassa (madeira e cana de açúcar, por exemplo), pequenas centrais hidrelétricas, e outras fontes menos usuais como as que utilizam a força das marés (NETO et al., 2018).

O planejamento de novas usinas necessárias para o suprimento do mercado de energia de uma região é realizado buscando-se minimizar o custo final da energia entregue aos consumidores. O custo da energia entregue compreende os custos de implantação da usina, de operação e de manutenção (O&M) e os custos do sistema de transmissão.

Com relação às fontes convencionais observa-se que as usinas térmicas apresentam, em geral como característica básica, um menor custo de construção, maior custo de operação e de manutenção, possibilidades de serem alocadas mais próximas do mercado consumidor e a possibilidade de operação a plena carga garantida (supondo-se não haver qualquer tipo de restrição à obtenção do combustível e excluindo os períodos de manutenção programada ou forçada). Em vista dos custos praticamente proibitivos do óleo combustível em países importadores de petróleo, as alternativas de geração térmica têm como principais opções as usinas nucleares, as térmicas a carvão e mais recentemente no Brasil as térmicas a gás natural (SOUZA, 2019).

3.2 Classificação de consumo

A União possui titularidade sobre a exploração do aproveitamento energético e dos serviços de instalação de energia elétrica, assim preconiza a Constituição Federal de 1998:

Art. 20. São bens da União: [...] VIII - os potenciais de energia hidráulica Art. 21. Compete à União: [...] XII - explorar, diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão: [...] b) os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos 22 de água, em articulação com os

Estados onde se situam os potenciais hidro energéticos (BRASIL, 2018, p.12).

No artigo 175 do mesmo diploma legal dispõe sobre a prestação do serviço público, através de concessão ou permissão. “Art. 175. Incumbe ao Poder Público, na forma da lei, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sempre através de licitação, a prestação de serviços públicos” (BRASIL, 2018).

Na concepção de Galvão (2018), a exploração da energia elétrica é serviço público de extrema importância, analisando dispositivos da Lei n. 9.074/1995 que regulamenta as concessões, permissões e autorizações do serviço de energia elétrica. Para o autor, excluídas as atividades diretamente relacionadas com a soberania e que não comportam transferência de gestão a particulares, o fornecimento de energia elétrica talvez possa ser indicado como o serviço público mais essencial.

Importante mencionar que serviço público, de acordo com Machado (2019, p. 130), “é todo aquele prestado pela Administração ou por seus delegados, sob normas e controles estatais, para satisfazer necessidades essenciais ou secundárias da coletividade ou simples conveniências do Estado”.

Também conceituando serviço público, Neto et al (2018, p. 160) afirma se tratar de:

Toda atividade de oferecimento de utilidade ou comodidade material destinada à satisfação da coletividade em geral, mas fruível singularmente pelos administrados, que o Estado assume como pertinente a seus deveres e presta por si mesmo ou por quem lhe faça às vezes, sob um regime de Direito Público – portanto, consagrador de prerrogativas de supremacia e de restrições especiais -, instituídos.

Assim, os serviços públicos são aqueles prestados à sociedade, sujeitando-se à legislação vigente definidora e regulamentadora de suas atividades. A divisão da indústria da energia elétrica nos quatro segmentos reflete o novo modelo do setor elétrico, que depois de 50 anos sob o controle estatal o modelo institucional do setor experimentou uma gradativa liberalização, com pretensão de permitir a competitividade no mercado. Segundo o autor a ideia de mercado de energia elétrica fundamenta-se no propósito de formação de preços como instrumento de orientação dos agentes, na medida em que tais preços são reflexos dos custos reais de implantação e manutenção do sistema elétrico bem como da demanda efetivamente consumida (SOUZA, 2019).

Os consumidores de energia elétrica no Brasil se dividem em dois grupos quanto a classificação tarifária: o grupo A, para o qual a tarifa é binômica (separa-se a variável fixa mensal para cada unidade consumidora e a variável volumétrica, calculada na quantidade de energia consumida e na capacidade utilizada do sistema pelo consumidor), e o grupo B, que possui tarifa monômica (tarifa simples). Esta classificação é feita através da demanda em (kW) que é inerente ao nível de tensão atendido. O Grupo B abrange as unidades consumidoras de baixa tensão, abaixo de 2.300 volts, ou seja, imóveis de pequeno porte, tais como residências em modo geral, tanto casas como edifícios, comércios de pequeno porte, dentre outros (ELETROBRÁS, 2018).

É feita uma divisão em subgrupos no grupo B, divisão esta que tem como parâmetro a atividade específica do consumidor. O subgrupo B1 é composto pelos consumidores residenciais e residenciais de baixa renda, o subgrupo B2, pelos consumidores rurais e cooperativas de eletrificação rurais, o subgrupo B3 pelas demais classes e o subgrupo B4 pela iluminação pública (LORENZO, 2018).



Já os consumidores que utilizam alta tensão, maior que 2.300 volts, como grandes shopping centers e indústrias, são agrupados no grupo A, que, assim como o grupo B, é dividido em subgrupos de acordo com o atendimento. A divisão tem o subgrupo A1, caracterizada por tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; subgrupo A2 com tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV; subgrupo A3 com tensão de fornecimento de 69 kV; subgrupo A3a com tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV; subgrupo A4 com tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV; e subgrupo A5 com tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição (MACHADO, 2019).

O suprimento de energia elétrica deve ser produzido de modo a atender sempre à demanda. Porém, o fluxo de energia elétrica não pode ser controlado da mesma maneira que os fluxos de energia sólidos, líquidos e gasosos. A energia elétrica pode ser colocada na rede e retirada da rede, mas a energia gerada em uma usina específica não pode ser enviada para uma carga específica. Tendo em vista que a energia de uma usina é adicionada à energia elétrica que é fornecida à rede por outras usinas, que a energia é consumida simultaneamente por todas as cargas extraídas da rede e que a energia elétrica viaja na velocidade da luz, qualquer distúrbio pode se propagar rapidamente por toda a rede elétrica; logo, a gestão de oferta e demanda deve estar atenta (SCHONS et al., 2018).

Distúrbios na voltagem elétrica e na frequência podem danificar o equipamento elétrico que foi construído para operar em voltagens e frequências específicas. E as interrupções elétricas, mesmo momentâneas, podem levar a grandes perdas financeiras e até colocar em risco vidas. Por isso, o trabalho dos operadores do sistema elétrico é manter o suprimento elétrico equilibrado com a demanda (predizendo o dia seguinte), garantindo ao mesmo tempo a existência de backups suficientes do sistema para manter a rede funcionando se geradores ou componentes da rede tiverem que sair da linha ou até falhar (WERNECK, 2018).

4. A REESTRUTURAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO E AS PRIVATIZAÇÕES

Segundo Castelo Branco (2018, p.5), o setor elétrico brasileiro foi estruturado de maneira a ser financiador da sua própria expansão, juntamente com recursos internacionais. O autor afirma que o elevado custo dos financiamentos nacionais, aliado à escassez de recursos internacionais inviabilizaram os planos de expansão das empresas estatais, culminando com a privatização das empresas.

De acordo com o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, antes da reforma, praticamente todos os seguimentos do setor elétrico estavam sob o controle do poder público (federal e estadual, no caso de geração e transmissão; estadual e municipal, no caso de distribuição e comercialização). De acordo com esse Comitê, apenas 0,1% dos ativos de geração e/ou distribuição eram explorados por pequenas empresas de âmbito municipal (ANEEL, 2019).

Segundo Kassai (2018, p.9):

as condições do funcionamento do SEE se deterioraram ao longo da década de 1980. As soluções alternativas para a crise foram se delineando no sentido de uma mudança qualitativa na atuação do Estado no setor. A nova estrutura construída durante a segunda metade da década em questão, voltou-se para a diminuição da participação e intervenção direta do Estado, substituindo-a por uma função de agente regulador e financiador. Este processo recebeu o nome de privatização.

Na opinião de Paula (2019, p. 138), as reformas do setor elétrico tiveram os objetivos de reduzir os custos e os impactos ambientais provocados pela produção de energia elétrica. Para a autora “ A persecução desses objetivos é feita por meio de estímulo à competição na geração e na comercialização e na introdução de mecanismos de incentivo para a regulação dos segmentos que permanecem com característica de monopólio natural (transmissão e distribuição).”

Para o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico, o processo de reforma institucional do setor elétrico objetivava, basicamente:

- Assegurar os investimentos necessário para a expansão da oferta de energia, uma vez que havia uma percepção de esgotamento da capacidade do Estado de investir em infraestrutura na escala necessária para atender ao aumento da demanda; e
- Assegurar que o setor fosse economicamente eficiente, utilizando os recursos disponíveis para garantir um suprimento confiável de energia elétrica ao menor custo possível (ANEEL, 2019).

Na opinião de Brito (2018, p. 2), a ideia norteadora de mudanças estruturais do setor elétrico brasileiro foi a separação entre o produto (energia) e o serviço (transmissão e distribuição). Ao contrário de um setor totalmente verticalizado, o setor elétrico brasileiro passaria a funcionar com empresas desverticalizadas, possibilitando a competição no âmbito da geração e da comercialização de energia.

Segundo Paula (2019, p. 141) as reformas do setor elétrico brasileiro foram inspiradas no diagnóstico de crise de modelo institucional existente até o período que antecedeu a reforma. Os principais pontos desse diagnóstico, destacado pelo autor eram:

- Crise financeira da União e dos estados, inviabilizando a expansão da oferta de eletricidade e a manutenção da confiabilidade das linhas de transmissão; o consumo de energia, embora em desaceleração, mantém um crescimento elevado e superior ao crescimento de produção, mostrando-se pouco sensível às flutuações na atividade econômica, especialmente nas classes residencial e comercial;
- Má gestão das empresas de energia, provocada, em grande parte pela ausência de incentivos de eficiência produtiva e de critérios técnicos para a gerência administrativa; e
- Inadequação do regime regulatório, em razão de inexistência de órgão regulador, de conflitos de interesses sem arbitragem, de regime tarifário baseado no custo de serviço e de remuneração garantida. Esse aspecto foi ainda mais agravado pelo fato de uma série de custos incorridos pelas empresas não ser validada pelo governo em razão da utilização das tarifas para controle inflacionário.

Na opinião de Sil (2019, p.12), os fatores que contribuíram para a deterioração da capacidade de investimento da indústria elétrica brasileira foram: “ *La crise macroéconomique, le rationnement de crédit international et la gestion inefficace des entreprises publiques*”.

De acordo com Souza (2019, p.16), o modelo de setor elétrico existente até meados da década de 1990 exauriu-se, principalmente, “por absoluta insuficiência de recursos financeiros para implementar as obras necessárias, tanto para aprimorar a operação como para garantir a expansão do sistema”. Fatores relacionados à deterioração do contexto nacional e mundial, sobretudo no que se refere à disponibilidade de financiamento, somados à rentabilidade marginal decrescente intrínseca dos investimentos em rede de infraestrutura levaram à exaustão do modelo institucional do setor elétrico.

Após sair do controle da iniciativa privada e permanecer sob controle do poder públi-

co por mais de 30 anos, o setor elétrico brasileiro começou a retornar para o “Nessa época, de acordo com Kassai (2018, p.11), a estrutura do setor elétrico brasileiro era o seguinte:

a geração- transmissão da energia elétrica era feita por empresas “verticalizadas”, isto é, normalmente abrangendo todas essas atividades no Sul, Sudeste e Centro-Oeste, participando do sistema integrado, com base de geração hidráulica, complementada por pequena geração térmica a carvão, óleo combustível e nuclear. Duas empresas Furnas e Eletrosul (controladas pela Eletrobrás) eram exclusivamente geradoras, juntamente com a Binacional Itaipu. O Nordeste e parte do Norte eram atendidos através de outro sistema integrado, de geração hidroelétrica, fornecido pela UHE Tucuruí (maior usina nacional da Eletronorte) e pelas usinas do Rio São Francisco, da Chesf. Concessionárias controladas pelos faziam distribuição de energia dentro dos seus limites geográficos.

Goulart (2019, p.23) critica o processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro ao afirmar que este, diferentemente do modelo inglês, no qual foi inspirado, ocorreu de forma desordenada. O autor destaca que, enquanto na Inglaterra as privatizações só foram iniciadas após a implementação e regulação do novo modelo, no Brasil “as coisas não aconteceram de forma coordenada. Algumas empresas foram alienadas antes da reforma [...], outras foram privatizadas quando o modelo ainda estava em estudo”.

Essa situação continua além de prejudicar a modelagem da venda, por não ter definido antecipadamente qual seria o arcabouço institucional e comercial do setor, ainda causou incerteza para os incentivadores pelo mesmo motivo.

Castelo Branco (2018, p.29) afirma que uma das maiores dificuldades na regulamentação do setor deve-se ao fato de a ANEEL ter sido instituída já posteriormente ao início das privatizações, o que provocou contestações sobre a sua legitimidade para arbitragem de controvérsias.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo de revisão bibliográfica, foi notado que o setor de distribuição de energia elétrica no Brasil, as empresas com controle da gestão privada possuem uma superior eficiência financeira. Este resultado condiz com o modelo que indica que as várias cadeias de comando nos governos criam potenciais problemas de agência, que se materializam na perda de controle e na emersão de custos de transação. Isto faz com que, nas modalidades públicas, os custos de monitoramento das condutas individuais sejam elevados, em função das dificuldades para obtenção e processamento das informações, sobretudo quando estas se encontram nos níveis administrativos mais operacionais.

Como foi visto, o caso da distribuição de energia elétrica, a situação realmente pode se agravar nas estruturas com gestão pública, pois é sabido que o setor é primordial para as necessidades básicas da população, com isso há uma garantia de recuperação financeira por conta dos governos caso os resultados não sejam satisfatórios, conforme já ocorrido no passado.

Diversos outros fatores podem estar associados com o desempenho técnico e financeiro de uma concessionária de distribuição de energia elétrica. Estes fatores podem estar associados a fatores climáticos, regionais, infraestrutura local, entre outros, conforme estudado em alguns trabalhos utilizados como referência. No entanto, o nível de detalhamento

destes dados requer atenção e aprofundamento. Já observando algumas diferenciações e comportamentos em relação a eficiência financeira e qualidade, porém estas diferenciações podem ocorrer especificamente em cada área de concessão, ainda mais em um país como o Brasil de extensão continental, com grande diferença de infraestrutura e relevo.

Para estudos futuros, sugere-se analisar o comportamento dos custos das empresas privatizadas, com a finalidade de verificar se após a privatização, há uma melhoria da eficiência operacional. Sugere-se, ainda, que pesquisas futuras analisem a questão da reestruturação organizacional, com o objetivo de verificar se após a privatização, ocorreu redução no número de níveis hierárquicos e departamentos. Recomenda-se ainda, para pesquisas futuras, ampliar o número de períodos avaliados, visto que três anos, no comparativo público e privado, apontam evidências que podem ser mais robustas.

Referências

- ANDRADE, P. H. A., VIEIRA, S. F. A. **Remuneração de capital das distribuidoras de energia elétrica**: uma análise do setor no sul do Brasil. In: SEGET, 3., 2019. Resende. Acesso em 28 out. 2022.
- ANEEL **Relatório de indicadores de sustentabilidade econômico-financeira das distribuidoras**, 9ª Edição - Base Set/2019, Nov 2019.
- BRASIL. **Instituto Nacional de Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, 2018.
- BRITO, Raimundo. O que podemos aprender em 33 anos de história do setor elétrico brasileiro. **Revista Brasil Energia**, Rio de Janeiro, n.271, p. 2-5, jun/2018.
- CASTELO BRANCO, Flávio. **Efeitos do racionamento de energia elétrica na indústria**. Rio de Janeiro: CNI, 2018.
- DIREITO DO ESTADO. **A Antijuridicidade da Medida Provisória n. ° 814/2017 e Privatização no Setor Elétrico Nacional**.
- ELETOBRÁS (2018). **Plano Nacional de Energia Elétrica 1993-2015**. Rio de Janeiro.
- ESPOSITO, A.S. **O setor elétrico brasileiro e o BNDES**: reflexões sobre o financiamento aos investimentos e perspectivas. 2018.
- GALVÃO, T.M. Análise Comparativa entre Resultados de Medidores de Qualidade da Energia Elétrica. 2018.
- GOULART, F. A. da R. **Um estudo sobre o risco e o retorno no setor de energia elétrica**. 2018. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.
- KASSAI, José Roberto. **Retorno de investimento**: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- LORENZO, H. C. **O setor elétrico brasileiro**: passado e futuro. Perspectivas: Revista De Ciências Sociais, São Paulo, p.1-24, 2019.
- MACHADO, C.; MIRANDA, F. Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão. **Revista virtual de química**. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2019.
- NETO, F. A.; FILHO, M. B.; CARVALHO, A. G., MADECO, R. Os efeitos da privatização sobre o desempenho econômico e financeiro das empresas privatizadas. **RBE - Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, p. 151-175, 2018.
- ONS. **Operador Nacional do Sistema Elétrico**. 2018. Acesso em: 28 de out. de 2022.
- PAULA, Cláudio Paiva de. **Expansão da oferta de energia elétrica**: aspectos práticos e metodológicos, com ênfase na opção termoeletrica. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo, 2019.
- PRIVATIZAÇÃO. In.: Dicio. **DICIONÁRIO** on-line de Português. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/>. Acesso: 01 de agos. de 2022.
- REIS, Rogerio Márcio de Melo; TEIXEIRA, Arilton Carlos Campanharo *et al.* **Revista de Contabilidade e Orga-**

nizações. v.1, n. 1, Pág 62-70, set. /dez. 2018.

REZENDE, S.M. Avaliação cruzada das distribuidoras de energia elétrica. vol.24, nº.4, 2018.

SCHONS, Alisson; GADELHA, Osenilma. **Análise da distribuição do Programa de Eficiência Energética de acordo com o consumo de energia elétrica no contexto Nacional.** 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, v. 1, n. 1, p. 1-8, abr./2018.

SIL, Antonio Carlos. **Concessionárias X ANEEL.** Revista Brasil energia, Rio de Janeiro, n. 263, p.12-15, out./2019.

SOUZA, Paulo Roberto Cavalcanti de. **Evolução da Indústria de energia elétrica brasileira sob mudanças no ambiente de negócios:** um enfoque institucionalista. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SOUZA M.V.P. **Custos operacionais eficientes das distribuidoras de energia elétrica:** um estudo comparativo dos modelos DEA e SFA, vol.17, nº4, 2019.

TEIXEIRA, R. D. O. **Resultado e Perspectivas do Programa Brasileiro de Desestatização do Setor Elétrico Brasileiro.** Programa Minerva, Washington, DC, v. 1, n. 1, p. 1-38, abr./2019.

ZILBER, Moises; LEX, Sérgio; ADES, Cely. As Privatizações e o Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro: O impacto sobre o atendimento das Necessidades do Consumidor. **Gestão & Regionalidade**, ano XXI, nº 61, jan. / jun de 2020.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica:** conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2018.

WERNECK, Rogério L. F. **Privatização do setor elétrico: Especificidades do caso brasileiro.** 2018.

18

SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO (SDAI) *FIRE DETECTION AND ALARM SYSTEM (SDAI)*

Adonias Nascimento Silva

Resumo

O tema deste trabalho de conclusão de curso foi: Sistema de Detecção e Alarmes de Incêndio. Esse tema foi escolhido devido às necessidades de compreender a instalação do SDAI, evitando a ocorrência de acidente com a energia elétrica. O objetivo geral foi explicar sobre o aterramento elétrico de forma mais técnica, e a prevenção de resquícios de tensão no SDAI. Ao desenvolver-se este trabalho, primeiramente conceituou-se sobre o SDAI e a importância da sua instalação. Em seguida, conceituou-se a importância do SDAI para segurança contra curto-circuito e incêndio. Por fim, verificaram-se os principais aspectos relacionados ao curso da Engenharia Elétrica e o SDAI. A hipótese estabelecida foi confirmada e os objetivos foram alcançados. A metodologia foi uma revisão de literatura, pesquisando-se artigos científicos e sites, com as seguintes fontes: livros, teses, dissertações e artigos científicos na área da Engenharia Elétrica, pelas bases de dados eletrônicas 'SciELO' e 'Google Acadêmico'. Conclui-se referente a detecção de incêndio o sistema SDAI é de extrema importância, sua instalação deve seguir todas as normas de segurança, para evitar os riscos de incidentes com a eletricidade.

Palavras-chave: Eletricidade. Segurança. Engenharia Elétrica. SDAI.

Abstract

The theme of this course completion work was: Fire Detection and Alarm System. This theme was chosen due to the need to understand the installation of SDAI, avoiding the occurrence of accidents with electricity. The general objective was to explain about electrical grounding in a more technical way, and the prevention of voltage remnants in SDAI. When developing this work, firstly, the SDAI and the importance of its installation were conceptualized. Then, the importance of SDAI for safety against short circuit and fire was conceptualized. Finally, the main aspects related to the Electrical Engineering course and the SDAI were verified. The established hypothesis was confirmed and the objectives were achieved. The methodology was a literature review, researching scientific articles and websites, with the following sources: books, theses, dissertations and scientific articles in the area of Electrical Engineering, through the electronic databases 'SciELO' and 'Google Academic'. It is concluded that regarding fire detection, the SDAI system is extremely important, its installation must follow all safety standards, to avoid the risk of incidents with electricity.

Keywords: Electricity. Safety. Electrical engineering. SDAI

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento no Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio é importante, visto que um incêndio acontece independente das condições políticas, geográficas ou econômicas e pode ter dimensões destruidoras, causando danos e perdas irreversíveis. Com o aumento da população mundial, os países passam por um processo de crescimento industrial e urbano, constituindo maior aglomeração de indivíduos nos múltiplos campos da atividade humana, sendo o crescimento vertical das edificações urbanas um exemplo desse fenômeno.

Dessa forma, nascem os riscos tecnológicos, visto que, esse crescimento industrial e humano necessita de maior solicitação por energia, uma grande concentração de cargas, materiais combustíveis, produtos químicos, máquinas e equipamentos, de forma que, aumenta sensivelmente a vulnerabilidade para incêndios nas edificações, comprometendo a segurança destas e de seus ocupantes.

A justificativa desse trabalho, está em razão da evolução industrial no Brasil, que traz consigo os riscos tecnológicos, visto que, esse crescimento industrial e humano necessita de maior solicitação por energia, uma grande concentração de cargas, materiais combustíveis, produtos químicos, máquinas e equipamentos, de forma que, aumenta sensivelmente a vulnerabilidade para incêndios nas edificações, comprometendo a segurança destas e de seus ocupantes.

Diante disso surgiu o seguinte questionamento: Qual é o papel da engenharia elétrica na análise da sala elétrica e como o dispositivo do sistema de detecção e alarme deverá ser utilizado para a prevenção do incêndio?

Para responder a esta pergunta, o presente trabalho teve como objetivo geral: Explicar sobre o aterramento elétrico de forma mais técnica, e a prevenção de resquícios de tensão no SDAI, e como objetivos específicos: Detalhar sobre o sistema de detecção e alarme de incêndio, seus equipamentos, funcionamento e o emprego de cada equipamento; Analisar a importância do SDAI para segurança da empresa contra incêndios; Descrever sobre a importância da infraestrutura do SDAI nas instalações elétricas;

Na pesquisa foi utilizada a revisão de literatura, os artigos escolhidos foram aqueles que atenderam aos objetivos propostos, bem como aqueles que estavam dentro do corte temporal escolhido, que foi de 2017 a 2022, utilizando palavra-chave como SDAI, eficiência, energia e instalação. Quanto aos procedimentos técnicos utilizados, a pesquisa é do tipo bibliográfica, desenvolvida com base em materiais já elaborados, sistematizados e publicados, tais como, livros, teses, dissertações e artigos científicos na área da Engenharia Elétrica, pelas bases de dados eletrônicas 'SciELO' e 'Google Acadêmico'.

2. O SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO (SDAI) E SEUS EQUIPAMENTOS

Conhecer sobre o sistema de detecção e alarme de incêndio é uma excelente oportunidade para ampliar as oportunidades de trabalho, visto que, os incêndios causados por falhas em instalações elétricas acontecem com frequência no Brasil e por isso é importante abordar este tema explicando como funciona o sistema de alarme endereçável contra incêndios (ARAÚJO, 2011).

É importante frisar que esse sistema de alarme é fundamental em casos de incêndio, mas ele não tem como função o combate direto contra o incêndio, a principal função de um sistema de detecção e alarme de incêndio é servir como comunicação sonora e visual para a população de um determinado ambiente, depois do alerta sonoro e visual é possível iniciar imediatamente a evacuação e as pessoas responsáveis pelo combate de incêndio, são direcionadas para o local, minimizando os danos causados (ABNT-NBR 17240/2018).

Existem basicamente duas centrais de alarme contra incêndio, uma com sistema convencional e a outra com sistema endereçada, elas são diferenciadas pelo modo de operação e instalação.

Os sistemas convencionais de alarme geralmente são os mais utilizados e os mais indicados para projetos mais simples, nesse tipo de sistema é possível monitorar uma área delimitada por zonas ou setores, com isso quando houver o disparo de um detector a central consegue informar em qual zona ocorreu, porém sem identificar o ponto exato (CAPELLI, 2007).

Os sistemas endereçáveis de alarme contra incêndio têm este nome porque cada dispositivo conectado a central, recebe um número que é chamado de endereço, então a central mostra o laço e quantos dispositivos endereçados se tem.

Este sistema permite a identificação do ponto exato onde ocorreu o incêndio, além de oferecer uma verificação ágil, possibilitando uma atuação rápida e eficiente, isso é possível justamente porque a central informa no display qual o endereço de dispositivo que foi acionado (ARAÚJO, 2011).

O sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) é um sistema que funciona justamente para identificar, com o sinal sonoro e às vezes visual, onde há o início de propagação de incêndio, para que assim a brigada de incêndio, tome ações imediatas para combatê-lo.

É importante frisar que esse sistema de alarme é fundamental em casos de incêndio, mas ele não tem como função o combate direto contra incêndio, a principal função do sistema de alarme de incêndio é servir como comunicação sonora e visual para a população de um determinado ambiente, depois do alerta sonoro e visual é possível iniciar imediatamente a evacuação, e as pessoas responsáveis pelo combate são direcionadas para o foco, minimizando os danos causados (ROSS, 2010).

Dessa forma, colocando em ação o plano para poder evacuar o prédio, e poder estar utilizando os primeiros combates e assim evitar perdas patrimoniais e tragédias humanas. No Brasil, depende-se de normas que atendam às leis federais estaduais, por exemplo, em certas regiões do Brasil, são obrigatórios instalação de sistemas de detecção de incêndio em áreas industriais e prediais que possuam área construída de 750 m². Já em outras regiões do Brasil, estão apenas obrigatórios em áreas de 250 m², isso vai depender da particularidade de cada localização.

De acordo com a ABNT NBR 13714, todas as edificações com área construída superior a 750 m² e/ou altura superior a 12 metros devem, obrigatoriamente, ter sistemas preventivos contra incêndios.

As NBR 17000. 240 e NBR 7240 são responsáveis por padronizar e esses documentos estabelecem critérios técnicos para serem cumpridos, no caso de instalações, manutenções e também a comercialização.

O sistema SDAI é composto de certos dispositivos base, como central de alarme de incêndio, detectores de fumaça, detectores ópticos, acionadores manuais, sinalizadores, módulo de entrada e saída e também o cabo que vai fazer toda essa conexão chamada de

laço (ARAÚJO, 2011).

A central de alarme de incêndio, é responsável por gerenciar todos os detectores dos acionadores e modos que estão disponíveis nesse laço, com isso, caso haja qualquer detecção ou disparo desse acionador manual, esse sinal vai até a central e essa central é responsável por disparar um alarme informando o local exato ou informando ao sistema que há uma anormalidade em certo ambiente, para que possa ser tomado as ações cabíveis a brigada de incêndio.

Nesse contexto, existem tecnologias que não precisam usar cabeamento, estão as chamadas sistemas wireless. Esse sistema foi desenvolvido para que haja toda a instalação do sistema de detecção de alarme de incêndio, porém sem cabeamento.

Sendo assim, o sistema de detecção e alarme de incêndio tem o papel de proporcionar a identificação instantânea da fase inicial de incêndios em qualquer das zonas de proteção estabelecidas e atribuir intermédio de dispositivos de alta receptividade e tecnologia, as continuações de detecção do incêndio em etapa inicial, os detectores de incêndio são utensílios que analisam as conjunturas do território e podem ser Classe A e Classe B (ABNT-NBR 17240/2018).

Primeiramente, o sistema de segurança deve ser eficiente e sensível, para que assim seja capaz de atuar de forma segura e integrada a uma rede de centrais de incêndio que capta os localizadores de fumaça, de aspiração, acionadores manuais, sinalizadores e módulos de controle (ARAÚJO, 2011).

De acordo com o sistema de detecção e alarme de incêndio (2021) os elementos básicos são:

- a) Central de Alarme e Detecção;
- b) Detectores;
- c) Acionadores Manuais;
- d) Sinalizadores;
- e) Módulos de entrada e saída.

Entre os equipamentos do SDAI, a central de alarme é o principal, visto que ela coleta as informações da situação dos detectores, ativando os sinalizadores no caso de qualquer tribulação de emergência, inclusive, é o mecanismo que investiga todo o sistema, certificando se há falhas na instalação, como cabeamento rompido, curtos-circuitos ou qualquer anormalidade, mantendo todo o ambiente protegido (ARAÚJO, 2011).

Confirme à NBR 17240 (2018) as áreas de atuação de uma empresa que trabalha com o sistema de alarmes de incêndio:

- a) Instalação
- b) Executou-se projeto Técnico contra Incêndio e o junto ao Corpo de Bombeiros;
- c) Elaborou-se FAT e garantiu-se a aprovação junto ao Corpo de Bombeiros;
- d) Instalação completa de tudo que consta no Projeto Contra Incêndio;
- e) Instalação parcial dos equipamentos constantes no Projeto Técnico contra Incêndio;
- f) Instalação de infraestrutura galvanizada metálica para passagem de cabos do sistema de alarme de incêndio;
- g) Passagem de cabos em infraestrutura pré-existente para o sistema de alarme de

incêndio;

- h) Instalação e passagem de cabos para o sistema de alarme de incêndio;
- i) Instalação de equipamentos de destravamento de acessos restritos interligados à central de alarme de incêndios;
- j) Instalação de Centrais de alarme de incêndio endereçáveis, Centrais de alarme de incêndio convencionais. Entre outros.

O sistema de detecção e alarme de incêndio é importantíssimo para assegurar a segurança e prevenção contra incêndios em inúmeros locais, sobretudo em lugares com grande movimentação de indivíduos, visto que em certos casos, o fogo pode se alastrar rapidamente exigindo evacuação imediata. Dessa forma, o objetivo da instalação de sistemas de incêndio é para a garantia de que em sinal de fogo ou fumaça, os responsáveis são informados para tomar providências rapidamente, minimizando assim prejuízos e tragédias maiores (ARAÚJO, 2011).

De acordo a Associação Nacional de Proteção contra Incêndios (2022) as principais vantagens da implantação do SDAI são:

- a) Preservar vidas que circulam nos locais onde o SDAI está em operação;
- b) Preservar o patrimônio que esteja alocado sob a proteção do SDAI;
- c) Antecipar as ações da brigada de incêndio e evacuações;
- d) Reduzir custos com seguros (residencial, empresarial, de mercadorias etc.)

A tecnologia dos sistemas de detecção e alarme de incêndio têm evoluído grandemente dentro da área de segurança contra incêndios. Portanto, por causa da sua grande importância na proteção da vida humana e diminuição de perdas materiais é primordial o investimento. Em certas organizações, a legislação exige que o sistema de alarme de incêndio seja colocado para autorizar o funcionamento do seu trabalho.

Entre os equipamentos do SDAI, a central de alarme é o principal, uma vez que ela coleta as informações da situação dos detectores, ativando os sinalizadores no caso de qualquer situação de emergência. O sistema é dividido em duas partes. Para a detecção, há um dispositivo dotado de sensores que transmitam a uma estação central a informação de foco de incêndio assim que identificada fumaça, chama ou elevação da temperatura. Em complemento, aparece o alarme, um dispositivo elétrico que emite sons de alerta aos ocupantes durante uma emergência (CBM/MA, 2022).

3. A IMPORTÂNCIA DO SDAI PARA SEGURANÇA CONTRA CURTO-CIRCUITO E INCÊNDIO

O termo curto-circuito é frequentemente usado incorretamente para qualquer problema de fiação em um circuito elétrico, os verdadeiros curtos-circuitos ocorrem quando os fios ou conexões do circuito elétrico são expostos ou danificados. Por definição, um curto-circuito se refere a uma condição específica na qual a eletricidade se dispersa fora do caminho estabelecido de um circuito elétrico (ARAÚJO, 2011).

Confirme à NBR 17240 (2018) os centrais de alarme são importantes, pois:

As centrais de alarme são a ponte entre os detectores de incêndio e os sinalizadores. Caso haja alguma situação de emergência é por meio delas que todo o sistema é ativado, além disso, também detectam possíveis problemas na

parte elétrica, como curtos-circuitos ou rompimento de cabos. Existem dois tipos de centrais, as endereçadas e as convencionais. O primeiro modelo é capaz de identificar o local exato de um incêndio por se comunicar individualmente com cada elemento (NBR 17240, 2018).

Resumindo, um curto-circuito acontece quando um fluxo elétrico, completa a sua jornada através de uma distância mais curta do que a presente na fiação, por natureza, a eletricidade procura retornar à terra e em um circuito de funcionamento adequado, significa que a corrente flui através do circuito da fiação e retorna ao painel de serviço através dos fios da rede elétrica (ARAÚJO, 2019).

Dessa forma, se as conexões dentro da fiação se afrouxarem ou quebrarem, a corrente elétrica pode vaziar. Nesse caso, a corrente elétrica procura instantaneamente retornar ao solo por um caminho mais curto. Esse caminho pode ser através de materiais inflamáveis ou até mesmo através de um ser humano, razão pelo qual um curto-circuito apresenta o perigo de incêndio ou choque letal (ARAÚJO, 2019).

A razão pela qual isso acontece, é que esses outros materiais oferecem um caminho de menor resistência, do que a presente na fiação de cobre de um circuito. No caso em que o condutor está conectado em um objeto metálico, sem contato com a terra, obtende um grande perigo, pois não há como ver que o objeto está energizado e só vai descobrir isso, quando se encosta no objeto. Nesse caso, a pessoa que encostou se torna esse condutor até a terra (ROSS, 2010).

Em termos gerais, um curto-circuito é qualquer condição em que um circuito da fiação estabelecido é interrompido por uma falha na fiação ou nas conexões da fiação. Só que, na verdade, existem duas situações que se qualificam com curto-circuito, embora não tenham nomes diferentes. O primeiro é o curto-circuito em si, esse é o termo que é mais comumente usados por eletricitistas para se referir à situação em que um fio quente, concorrente ativa, o famoso fio fase, toque em um fio neutro ou outro fio fase (ARAÚJO, 2019).

Quando isso acontece, a resistência diminui instantaneamente e grande volume de corrente flui por um caminho inesperado, quando ocorre esse curto-circuito clássico, às vezes vão faiscar ou às vezes, podem seguir com fumaça e até chamas. O segundo tipo é a falha de aterramento (ARAÚJO, 2019).

Uma falha no aterramento, é um tipo de curto-circuito que ocorre quando o fio fase entra em contato com certas partes aterradas do sistema, como um fio terra de cobre descoberto, uma caixa de parede de metal aterrada ou uma parte aterrada de um aparelho. E, da mesma forma, como acontece com um curto-circuito clássico, essa fuga para o aterramento faz com que a resistência diminui instantaneamente, o que permite que uma grande quantidade de corrente de impedida flua através da caminho inesperada.

Existem diferentes causas para os curtos-circuitos, incluindo três causas que são mais frequentes. Em primeiro lugar, tem-se o isolamento de fio de circuito defeituoso, o isolamento velho ou danificado pode permitir que os condutores e toque, o que pode causar um curto-circuito, grampos não isolados, perfurações de pregos e parafusos, bem como um envelhecimento da fiação, podem causar a deterioração da isolação dos fios e criar curtos circuitos ou até mesmo certos insetos, como ratos e pássaros, podem roer a fiação, fazendo com que os condutores internos do fio, sejam expostos e possam causar um curto circuito. (TOMASI, 2004).

Em segundo lugar, tem-se as conexões de fio soltas, às vezes, os fios de tomadas, interruptores acabam se soltando quando mal instaladas, fazendo com que se possa ocorrer um contato entre o fio fase e o neutro, consertar conexões de fios defeituoso é complicado

e é melhor ser feito por aqueles que estão totalmente familiarizados com esse tipo de trabalho (PIECZKOWSKI, 2017).

Em terceiro lugar, tem-se a fiação defeituosa de um aparelho, quando um aparelho é conectado a uma tomada, sua fiação efetivamente se torna uma extensão do circuito e qualquer problema na fiação do aparelho se transforma em problemas de circuito, aparelhos velhos ou quebrados podem desenvolver curtos-circuitos internos com o tempo (TOMASI, 2004).

Confirme à NBR 17240 (2018) a relação entre o SDAI e o seguro contra incêndio:

Além de todo o benefício relacionado à segurança, um SDAI auxilia também na contratação de um seguro incêndio. Por conta da capacidade de prevenção, as seguradoras acabam reduzindo o valor da apólice e, em casos mais extremos, muitas sequer aceitam ofertar o seguro para empresas que não possuem um sistema de segurança. Ainda, muitas seguradoras exigem que algumas normas técnicas sejam seguidas, por exemplo, possuir certificações da Underwriters Laboratories, um laboratório americano referência em testes e validação de sistemas de segurança (ABNT-NBR 17240/2018).

Esses curtos-circuitos podem ocorrer nos plugs, cabos de alimentação ou dentro do próprio aparelho. Em muitos casos, consegue-se até ouvir ou sentir um cheiro de queimado saindo desses aparelhos, quando foram aparelho maior, como uma máquina de lavar ou um forno, é melhor pedir a um técnico que examine esses aparelhos quando eles apresentarem diferentes problema. Já aparelhos menores, como lâmpadas ou eletrodomésticos menores podem ser reconectados por conta própria (TOMASI, 2004).

É importante também ter-se disjuntores adequados para as instalações, pois em casos de curtos-circuitos que possam causar incêndios, os disjuntores devem desarmar, também deve-se atualizar os painéis das instituições com disjuntores, sendo uma proteção importante para os casos de choque acidental (NBR;17240, 2018).

Como já foi citado, o principal objetivo de um sistema de detecção e alarme de incêndios (SDAI) é o de preservação das vidas presentes no local. Visto que, no momento em que o alarme é acionado, os indivíduos devem ser guiados a saírem do local o mais rápido possível para que as devidas providências sejam realizadas (CBM/MA, 2022).

Além das vidas, o SDAI também auxilia para a preservação dos bens materiais, já que os bombeiros podem ser acionados rapidamente no local de incêndio para poderem minimizar os danos antes que o fogo se espalhe. Em alguns casos, o fogo é eliminado antes mesmo que seja necessário aguardar pela chegada do corpo de bombeiros (CBM/MA, 2022).

4. IMPORTÂNCIA DA INFRAESTRUTURA DO SDAI NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Os sistemas de detecção e alarme de incêndio (SDAI) é projetado e concretizado conforme as normas técnicas vigentes para atender as instalações de forma que em caso de ocorrência de princípio de incêndio, podendo trabalhar de forma a alertar as pessoas que ocupam o local e as pessoas de regiões adjacentes de forma a se tomar as ações corretas de debandadas do local e combate ao foco do incêndio (CPN, 2017).

Dessa forma, é importante possuir sistemas que deixem as casas ou organizações seguras, mantendo pessoas e bens protegidos, é uma ideal para que o indivíduo possa focar

naquilo que realmente importa, a tranquilidade do seu lar ou empresa. De acordo com Araújo (2019):

O SDAI (sistema de detecção e alarme de incêndio) é uma tecnologia que propicia a identificação imediata e com alta sensibilidade na detecção de incêndios na fase inicial, evitando assim prejuízos materiais, perdas de informações e o mais importante, protegendo vidas (ARAÚJO, 2019, p.56).

A infraestrutura, como eletrodutos, dutos e calhas devem, obrigatoriamente, ser de uso exclusivo do SDAI, não sendo permitido por norma de que esteja, mesmo que parcialmente, junto à instalação com outros sistemas ou rede de energia elétrica. Os cabos do sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) em momento algum pode percorrer junto às instalações elétricas devendo observar a distância mínima de 0,50m, conforme sinaliza a NBR 17240 (ROSS,2010).

O correto para o cabeamento do Sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) é que seja implementado sem emendas em sua extensão. Estas devem ser feitas nos próprios periféricos. Em alguma determinada situação, caso não se tenha nenhuma outra alternativa e se for realmente necessário fazer emendas, elas devem ser estanhadas e isoladas (ROSS,2010).

A malha que conduz o cabeamento Shieldado deve ser estanhada e isolada. As centrais exigem um isolamento perfeito e todo um cuidado com o cabeamento e caso estas recomendações não forem seguidas à risca pode-se ter baixa isolação do sistema ou falha de fuga a terra. É importante destacar que, não é permitido emendas no cabo, salvo nos dispositivos (ROSS,2010).

Portanto, é necessário a cada 1000m de cabeamento instalar uma fonte auxiliar. Mas, algumas vezes, esta distância pode diminuir. Portanto é muito importantíssimo o acompanhamento do engenheiro elétrico que irá identificar possíveis motivos de queda de tensão ao decorrer da instalação. A formação do engenheiro elétrico está nas normas do curso de engenharia elétrica (SILVEIRA, 2003).

A engenharia elétrica está relacionada ao planejamento, construção e manutenção de sistemas ligados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. O profissional da área pode atuar em diferentes áreas, como na construção civil, energia. indústrias, telecomunicações, eletroeletrônica e outras (TOMASI, 2004).

As especialidades oferecidas podem variar de acordo com a instituição, por isso é preciso ficar atento e pesquisar o foco dos cursos, antes de se candidatar e participar do processo seletivo da universidade em que se pretende estudar, no conteúdo também a matérias relacionadas ao meio ambiente, humanidades e expressão gráfica (TOMASI, 2004).

O curso na graduação tem duração de aproximadamente cinco anos e exige estágio e trabalho de conclusão de curso. Ainda, a possibilidade de formação como tecnólogo em sistemas elétricos, com a duração de três anos e meio. Neste curso, o profissional adquire conhecimentos para trabalhar com o funcionamento de equipamentos elétricos, podendo atuar, por exemplo, em assistências técnicas e na venda de equipamentos e instrumentos elétricos (SILVEIRA, 2020).

Cursos de Engenharia no Brasil estão regulamentados pela resolução do CNE/CES (11/2002). As DCNs definem em seu artigo 4º as competências e habilidades que os egressos devem desenvolver durante o curso. As mesmas estão descritas a seguir.

- a) D1 - Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais

à engenharia;

- b) D2 - Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
- c) D3 - Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
- d) D4 - Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
- e) Identificar e) D5 - Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- f) D6 - Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
- g) D7 - Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
- h) D8 - Avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
- i) D9 - Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
- j) D10 - Atuar em equipes multidisciplinares;
- k) D11 - Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
- l) D12 - Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
- m) D13 - Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
- n) D14 - Assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

No artigo 6º observa-se características necessárias que devem ser incluídas com os currículos. Ressaltasse que esses, devem possuir nos núcleos de conteúdos básicos e profissionalizantes, além dos conteúdos técnicos, visto como:

- a) Metodologia Científica e Tecnológica;
- b) Comunicação e Expressão;
- c) Informática;
- d) Administração;
- e) Economia;
- f) Ciências do Ambiente;
- g) Humanidades,
- h) Ciências Sociais e Cidadania;
- i) Estratégia Organizacional;
- j) Gestão Ambiental;
- k) Gestão Econômica;
- l) Gestão da Tecnologia;
- m) Qualidade;
- n) Sistemas de Informação.

Uma vez formado, o engenheiro eletricitista dispõe de possibilidades de atuação e áreas bem diferentes de trabalho, além de trabalhar diretamente com o fornecimento de energia elétrica, como em usinas hidrelétricas, termoelétricas e de geração de energia eólica ou solar, o profissional encontra oportunidades da automação de indústrias, no planejamento de estruturas e sistemas elétricos automatizados.

Nesse contexto, outro setor em que o profissional formado encontra campo para atu-

ação é na construção civil, onde ele participa da elaboração de plantas elétricas prévias no início das obras, o setor de telefonia e telecomunicação também é uma possibilidade, desde a fabricação de aparelhos de telefonia até a construção de sistemas de transmissão de dados.

Ainda a possibilidade de exercer atividades relacionadas à engenharia biomédica, que trabalha na construção de equipamentos especializados para o setor. Um aparelho de ressonância magnética em um hospital, deve envolver um engenheiro eletricitista para projetar seus componentes e um design para atender aos requisitos dos exames a serem feitos, o engenheiro pode trabalhar também na microeletrônica, instrumentação, desenho de componentes voltados à programação em computadores, planejamento de redes de geração de energia e manutenção das redes de alta-tensão.

Uma nova possibilidade na área da engenharia elétrica é a contratação de profissionais para trabalharem diretamente na comercialização, por exemplo, é comum que as empresas contratem os engenheiros para atuarem na mediação de contratos, entre fornecedores de energia elétrica e quem adquire o serviço.

O engenheiro eletricitista sempre foi bem demandado no mercado, com o destaque na economia para o setor de energia e com a necessidade de alternativas na geração de eletricidade, tornando-se importante o trabalho de profissionais especializados, e não é incomum que as empresas tenham dificuldades em encontrar engenheiros qualificados nessa área. O avanço da tecnologia e dos recursos em telecomunicações, também são responsáveis pela alta demanda por engenheiros e eletricitistas.

Há oportunidades em empresas do setor privado, que vão desde a atuação com sistemas elétricos até a mediação na comercialização de serviços, existem também as empresas de telecomunicação setor público e órgãos como a agências reguladoras e companhias de energia (ARAÚJO, 2019).

O profissional de engenharia elétrica está ligado ao desenvolvimento elétrico, sendo um grande impulsor da economia, devido tudo que é realizado nessa área é consumido com muita facilidade. Dessa forma, que esse campo permite melhorias e aumenta a eficiência em qualquer ramo, como na produção industrial e na área dos transportes e comunicações, tornando-se cada vez mais presente para a sociedade.

Portanto, o profissional da engenharia elétrica tem o atributo de projetar sistemas de comunicação, que possibilita a comunicação com as pessoas e obtendo informações em todo o mundo (BATISTA, 2003).

A engenharia elétrica é uma das principais engenharias existentes, desde o início da evolução da tecnologia, do surgimento da energia, dos equipamentos eletrônicos e do surgimento das máquinas. Ela tem um papel fundamental em toda a evolução da tecnologia, não apenas no Brasil, mas no mundo todo.

Essa engenharia é necessária, pois proporcionou inúmeras inovações na tecnologia de um modo geral. Isso mostra o quão importante é e quanta responsabilidade tem o engenheiro eletricitista, sendo responsável pela otimização na geração de energia.

Além disso, a área da engenharia elétrica é voltada para disciplinas como física e matemática e na atuação no mercado de trabalho é colocado em prática o conteúdo estudado. No mercado de trabalho, o profissional da engenharia elétrica deve estar sempre atualizado nos estudos, visto que, a tecnologia muda constantemente, além de saber trabalhar em equipe, ter disciplina e obedecer às normas de segurança do trabalho - alta voltagem (TOMASI, 2004).



5. CONCLUSÃO

Ao desenvolver-se este trabalho de conclusão de curso, observou-se que a engenharia elétrica é responsável pelos sistemas de geração, transmissão e distribuição de eletricidade, além de existir múltiplas outras áreas nas quais os profissionais podem atuar. Conforme visto, os projetos elétricos que requerem um circuito de alta potência e instalações mais complexas, são exclusivamente executados pelos engenheiros eletricitistas. Já as instalações residenciais e as de baixa potência, podem ser efetuados por engenheiros civis e arquitetos.

O Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio (SDAI) possui o papel de favorecer a identificação imediata da fase inicial de incêndios em qualquer das zonas de proteção determinadas e desempenhar através de equipamentos de alta sensibilidade e tecnologia os cursos de detecção do incêndio no seu momento inicial. Para a instalação do SDAI – Sistema de Detecção de Incêndio é importante iniciar o trabalho com uma análise básica preliminar. Visto que essa medida objetiva garantir a eficiência de sistemas de Segurança Eletrônica e Detecção e Combate a Incêndios a serem implantados.

Através da revisão de literatura desenvolvida, observou-se o que é o SDAI, a importância para segurança contra curto-circuito e incêndio, além da importância da infraestrutura do SDAI nas instalações elétricas e as normas vigentes, com isso, a hipótese estabelecida para esta pesquisa foi confirmada e os objetivos geral e específico foram alcançados. Dessa forma, esse estudo servirá como um auxílio para os acadêmicos em formação que pretendem atuar na área de instalações elétricas, a fim de contribuirmos para o desenvolvimento do sistema de segurança proposto e dos edifícios inteligentes.

Referências

- ABDEL-AAL, R.E.; AL-GARNI, Z. Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis. **Energy**, v. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.
- ABRAHAM, B.; LEDOLTER, J. **Statistical Methods for Forecasting**. New York: John Wiley & Sons, 1983.
- ARAÚJO, Sérgio B.. **Proteção contra incêndios: Novos conceitos & tecnologias**. Rio de Janeiro: SYGMA-SMS, 2011.
- ARAÚJO, Sérgio B.. **Proteção contra incêndios: Novos conceitos & tecnologias**. Rio de Janeiro: SYGMA-SMS, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. NBR 17240: Sistemas de detecção e alarme de incêndio - Projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndios - Requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- BATISTA, F. A. de M. **Análise de Execuções de Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndios Segundo a NBR 9441: Estudo de Casos**, 2010. Disponível em: <http://cpd1.ufmt.br/eest/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=307&Itemid=99>
- CAPELLI, Alexandre. **CLP Controladores lógicos programáveis na prática**. São Paulo: Antenna. 2007.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting Methods and Applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- NILTON, ROSS, JULIO . **Alarmes**.2010.
- PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F. Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal. **Revista Produto & Produção**, v. 4, número especial, p.72-85, 2000.
- SILVEIRA, P. R. **Automação e controle discreto**. São Paulo: Érica, 2003. (Coleção estude e use. Série automação industrial).
- TOMASI, A.P.N. (org.) **Da qualificação à competência: Pensando o século XXI**. Campinas: Editora Papirus: 2004.

19

SISTEMAS DE ENERGIA: ECONOMIA A PARTIR DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

*ENERGY SYSTEMS: ECONOMY FROM THE PRODUCTION
OF URBAN SOLID WASTE*

Mateus Lima da Cunha

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

Constantemente tem ocorrido o aumento de concentração dos gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, cujo resultado é exatamente a intensificação das atividades humanas. Tanto o metano (CH_4) como dióxido de carbono (CO_2) são os principais GEEs, correspondendo de 50% a 17% do efeito estufa, porém, é possível reduzir significativamente esses valores com programas de controle de emissão dos gases, como é o caso dos resíduos sólidos que basicamente possui duas modalidades de decomposição, ou seja, o aeróbio, que ocorre pela decomposição no solo, e tem uma grande redução de oxigênio nos resíduos e dará início a segunda fase da decomposição, a anaeróbia. Sendo assim, justifica-se o presente tema na possibilidade da diminuição da emissão do gás metano na atmosfera, na busca de novas tecnologias para geração de energia elétrica. Por isso, o objetivo do presente trabalho é apresentar o potencial de produção do biogás como combustível para geração de energia elétrica, abordando os principais aspectos técnicos, econômico e ambientais, analisando a viabilidade de energia elétrica nos aterros sanitários. Trata-se de um estudo descritivo, transversal e quantitativo em casos de sistema de produção do biogás como combustível para geração de energia elétrica. Contudo, ainda é realizada uma pesquisa bibliográfica e documental, separando somente material que contribua para a pesquisa.

Palavras-chaves: Gases de Efeito Estufa. Biogás. Energia elétrica do biogás, Aterro sanitário.

Abstract

There has been a constant increase in the concentration of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere, the result of which is exactly the intensification of human activities. Both methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2) are the main GHGs, corresponding to 50% to 17% of the greenhouse effect, however, it is possible to significantly reduce these values with gas emission control programs, as is the case of solid waste that basically has two modes of decomposition, that is, the aerobic, which occurs due to the composition in the soil, and has a great reduction of oxygen in the waste and will initiate the second phase of decomposition, the anaerobic. Therefore, this theme is justified by the possibility of reducing the emission of methane gas in the atmosphere, in the search for new technologies for the generation of electric energy. Therefore, the objective of this work is to present the potential of biogas production as a fuel for the generation of electric energy, addressing the main technical, economic and environmental aspects, analyzing the viability of electric energy in sanitary landfills. This is a descriptive, cross-sectional and quantitative study in cases of biogas production system as fuel for electricity generation. However, a bibliographical and documentary research is still carried out, separating only material that contributes to the research.

Keywords: Greenhouse Gases. Biogas. Electricity from biogas, Sanitary landfill.

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência do aumento da população nos grandes centros urbanos, têm ocorrido também o crescimento dos resíduos sólidos de forma eficiente, contudo, tornou-se um grande desafio, visto que, dificulta a gestão desses resíduos sólidos. Se ocorre a acumulação desses resíduos de maneira inadequada, haverá grandes problemas ambientais e também na saúde pública, já que, pode ocorrer enchentes trazendo doenças, além da poluição das águas e solo, como também poluição do ar.

Os aterros sanitários passaram a se apresentarem como formas de disposição desses resíduos no solo, tornando-se a maneira mais econômica e segura, com métodos que confinam uma menor área possível. Os resíduos sólidos têm duas formas de decomposição, tem o aeróbio, ocorrendo normalmente pela decomposição no solo, o qual tem uma grande redução de oxigênio nos resíduos, dando início a segunda fase da decomposição, que é a anaeróbia.

Neste contexto, o presente trabalho justifica a possibilidade da diminuição de emissão do gás metano diretamente na atmosfera, buscando a utilização de novas tecnologias para a geração de energia elétrica, a partir de fontes renováveis, assim como ao incentivo do saneamento básico mediante a redução do consumo de energia que são provenientes de fontes não renováveis.

Diante desse contexto, surge a seguinte questão: Quais as tecnologias são necessárias para a conversão do biogás em energia elétrica?

Para responder a seguinte questão, o objetivo do presente trabalho é apresentar os principais aspectos técnicos, econômicos e ambientais para geração de energia elétrica a partir dos aterros sanitários. Como objetivos específicos: identificar os resíduos sólidos urbanos, sua classificação e conceito; apresentar a preparação do aterro para conversão do biogás em energia elétrica; apresentar as possíveis utilizações do biogás como fonte de energia elétrica e os aspectos econômicos para o município.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho será uma revisão da literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados etc.), SCIELO, Google Acadêmico, entre outros

O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 20 anos. As palavras-chave a serem utilizadas na busca serão: Energia elétrica, biogás, sustentabilidade.

2. OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, CLASSIFICAÇÃO E CONCEITO

Em decorrência do aumento desordenado da população, assim como o crescimento de grandes núcleos urbanos, está ficando difícil a ação de manejo dos resíduos humanos e, devido à falta de recursos, automaticamente tem essas ações postergadas contribuindo para problemas ambientais e de saúde. Estes resíduos quando passam a serem acumulados no meio ambiente de maneira totalmente incorreta, se tem o problema da poluição e conseqüentemente poderá acarretar problemas de saúde pública (BRITO, 2015).

De acordo com Associação Brasileira de Empresas de Limpezas Públicas e Resíduos Especiais (2017) o Brasil basicamente produziu 57 milhões de toneladas de resíduos sólidos

dos, ou seja, necessariamente 7,7% a mais à quantidade do ano anterior.

Contudo, a geração per capita dos resíduos, cresceu basicamente 6,6%, onde o crescimento populacional teve um crescimento de somente 1% no mesmo período, sendo assim, verifica que o país ainda não tinha ou não trabalhava de forma correta com ações para a redução dos resíduos sólidos. O Estado de São Paulo é a região de maior população brasileira, isto é, 5,7% da população do Brasil, sendo assim, são geradas mais de 18 mil toneladas de resíduos e, somente 9 mil toneladas são resíduo domiciliares, sendo assim, estima-se que somente 11 milhões de pessoas são beneficias com o serviço de coleta (ABREU; AVELINO; MONÁCO, 2017).

O restante da população, possivelmente dispensa seus resíduos a aterros sanitários de sua região, sendo assim, nota-se a necessidade de mais programas de reciclagem que incentivem de fato a redução dos resíduos, contribuindo inclusive com os custos que são gerados pelo seu transporte, e principalmente pelos impactos que são causados devido a sua decomposição (BRITO, 2015).

Conforme afirma Brito (2015), está difícil encontrar nas grandes cidades locais próximos para a destinação dos resíduos sólidos, e isso não ocorre somente por falta de áreas disponíveis, mas principalmente pela pressão que a sociedade está fazendo contra as instalações dos aterros bem próximos à residenciais.

2.1 Resíduos sólidos e sua periculosidade

De acordo com entendimento de Brito (2015), os resíduos sólidos podem ser divididos em não perigosos e perigosos:

Os resíduos perigosos, são aqueles que possui as características corrosividade, inflamabilidade, toxidade, reatividade, carcinogenicidade, patogenicidade, mutagenicidade e teratogenicidade, os quais apresenta, um grande risco à saúde pública ou também a qualidade ambiental, conforme determina o regulamento, a lei ou mesmo a norma técnica;

Os resíduos não perigosos, são aqueles que não se encontram acima.

2.1.1 Resíduos sólidos e seu potencial de risco para o meio ambiente

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos dividem-se em 2 grupos, ou seja, os não perigosos e perigosos. O primeiro também é subdividido em não inertes e inertes.

Em relação as classes dos resíduos, conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004) são os seguintes: Classe I: são resíduos perigosos, os quais apresentam risco a saúde da população e também ao meio ambiente, principalmente quando sua disposição final for de forma errada. Tais características conferem exatamente um tipo de resíduos que são inflamabilidade, reatividade, corrosividade, patogenicidade e toxicidade, ou seja, contaminante; Classe II: são os resíduos não-inertes, os quais podem apresentar combustibilidade, solubilidade ou biodegradabilidade, com risco de causar problemas ao meio ambiente e aos seres humanos, porém, não se enquadra nas outras classificações; Classe III: são os resíduos sólidos que não tem risco ao meio ambiente e ao ser humano.

2.1.2 Lixo urbano – composição

O objetivo do gerenciamento de resíduos sólidos é basicamente a disposição final do lixo que constantemente é gerado pela sociedade, e de acordo com as normas socioambiental seria a forma economicamente viável. Contudo, com a quantidade de substâncias e materiais que tem aumentado, principalmente os perigosos, foi necessário tomar medidas mais eficazes, como mais investimentos da própria sociedade e de seus geradores de forma geral, visto que, tais resíduos em regra são gerados de regiões que não estão preparadas ou adequadas para armazenagem (ARAÚJO, 2017).

Sendo assim, é de extrema importância realizar as caracterizações dos resíduos, pois, trata-se de uma ferramenta de grande importância em relação a definição do ciclo final, visto que, a manipulação de forma correta é de relevância do controle de risco que cada um apresenta. Vale mencionar que, a determinação de cada componente dos resíduos sólidos, como vidro, material orgânico, papelão, papel, entre outros, é basicamente possível mediante uma análise de caracterização gravimétrica, a qual pode ser vista na figura 2. (TAVARES, 2019).

3. DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS E TRATAMENTO

De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA (2021), usando como referência os últimos 20 anos, pode-se analisar uma perspectiva bem otimista quanto à disposição dos resíduos finais no Brasil, contudo, infelizmente ainda bem distante da situação ideal.

Sendo assim, de acordo com a pesquisa da ABRALPE (2020), os vazadouros a céu aberto, ou seja, os lixões, antes do ano de 2010, infelizmente ainda correspondia a mais de 50% dos resíduos sólidos urbanos. Contudo, depois do ano de 2010 esse valor diminuiu aproximadamente a 30%, conforme apresenta a tabela 1. Na região Norte e Nordeste são regiões que mais destinavam seus resíduos para os lixões, cujos valores alcançava aproximadamente 89,3% e 85,5%, e as regiões Sudeste (18%) e Sul (15%) apresentaram um valor bem menor. Já em relação a destinação de forma adequada, isto é, para os aterros sanitários que praticamente aumentou de 60%, corresponde um pouco mais de um quarto do volume total dos resíduos que são gerados.

| Ano | Vazadouro a céu aberto | Aterro controlado | Aterro sanitário |
|------|------------------------|-------------------|------------------|
| 1998 | 88% | 9,6% | 1,1% |
| 2008 | 73% | 22,3% | 17,3% |
| 2018 | 50% | 22,5% | 27,7% |

Tabela 1: Destino final dos resíduos sólidos dos últimos 20 anos

Fonte: ABRALPE (2020)

De acordo com ABRELPE (2020), nota-se que os resíduos sólidos urbanos tiveram uma melhor destinação. Vale enfatizar que, mesmo diante de medidas ambientais mais rigorosas, os aterros sanitários ainda não são as melhores opções para a destinação dos resíduos, visto que, a maioria irá demorar anos para entrar em decomposição.

3.1 Tratamento térmico

Este tipo de tratamento é muito conhecido como incineração, trata-se de um processo de queima dos resíduos, cuja temperatura é muito elevada, sendo de 900 a 1200 °C com tempo de permanência totalmente controlada, onde a decomposição térmica da parcela dos resíduos, e seu resultado final é menor volume e peso (CORTEZ, 2016).

O calor que resulta dos gases de exaustão é aproveitado como geração de energia térmica, já que produz um vapor pela caldeira de recuperação, ou mesmo para geração de energia elétrica, cujo valor produzido é basicamente expandido por uma grande turbina de vapor (ESSENCIS, 2013).

Vários incineradores de resíduos sólidos de pequeno porte foram instalados no Brasil, contudo, muitos deles não tiveram sucesso em decorrência dos problemas de dimensionamento, manutenção e operação. E os que ainda estão em operação fazem a operação de maneira inadequada e precária, pois os equipamentos são obsoletos, passando uma imagem negativa ao processo. Contudo, em países da Europa, as instalações de incineração tiveram mudanças, passando por processos de modernização e controle de processo de combustão, cujo método se tornou mais viável e eficaz para o tratamento dos resíduos (GONÇALVEZ, 2017).

De acordo com Gonçalves (2017), este processo se tornou um grande tema de interesse no Brasil, pois os aterros sanitários que estão mais próximos dos centros urbanos já estão quase com sua capacidade máxima e os novos estão ficando distantes, o que aumenta os custos dos transportes e também da deposição final dos resíduos. Porém, a possibilidade do aproveitamento da energia térmica do processo de geração de energia elétrica se tornou um projeto amplamente atrativo em relação ao ponto socioeconômico.

Diante deste contexto, o Estado Livre de Baviera e a Secretária de Estado do Meio Ambiente de São Paulo – SMA, acabaram fazendo um acordo de cooperação técnica para gerenciar os resíduos sólidos nas regiões metropolitanas do Brasil, mostrando grandes vantagens do tratamento de incineração com os resíduos mediante os aterros, isto é, automaticamente reduz o volume dos lixos, assim como as áreas necessárias, possibilita a instalações de usinas próximas ao ponto de geração, o que irá diminuir os gastos com transportes (CORTEZ, 2016).

Conforme afirma Bolognesi (2017), diante dessas situações, a Secretária de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo – SSE e também da Empresa Metropolitana de Água e Energia – EMAE, constantemente estuda-se novas tecnologias para o tratamento desses resíduos no Estado de São Paulo. Entre esses estudos, as principais causas de avaliações são as características de processamento das usinas, assim como custos e produções envolvidos (tabela 2).

| Características | Valores |
|--------------------------------------|------------------------|
| Poder calorífico inferior do resíduo | 1.900 kcal/kg |
| Capacidade de processamento | 1.200 t/dia |
| Potência comercializável | 18,9MW médios |
| Potência instaladas | 26MW |
| Área da central | 40.000 m ² |
| Custo total | R\$ 324 milhões |

Tabela 2: Estudos de usinas de tratamento térmico

Fonte: Bolognesi (2017)

Diante deste cenário, Balognesi (2017) dividiu os mesmos em duas partes, onde o primeiro cenário prevê necessariamente uma produção de 115 toneladas de valor por hora, isto é, para os processos industriais de 400 °C e também de 40 bar, onde o rendimento fixado será de 83%, cujo preço da tonelada para o tratamento seria aproximadamente de R\$ 90,00. Já em relação a venda seria de R\$ 82,00 por tonelada. Já o segundo cenário prevê somente a geração de energia elétrica, fixando basicamente o rendimento global do processo em aproximadamente 22% e o preço de tratamento conforme cenário anterior, cujo valor da venda foi bem superior em comparação de mercado.

Nesta conjuntura, nota-se que, é possível analisar que o processo de tratamento térmico, infelizmente se apresenta inviável em relação ao ponto socioeconômico em decorrência do alto custo de investimento. Contudo, diante das vantagens ambientais e das tecnologias nacionais tal processo frente aos disponíveis destinos finais, a incineração dos resíduos apresenta uma ótima alternativa. (BALOGNESI, 2017).

4. CARACTERÍSTICA DO BIOGÁS

As características do biogás dependem muito de elementos, como a umidade, pressão, concentração do gás metano, temperatura e concentração dos gases que estão inertes. Sendo assim, a presença de substância que não são combustíveis na sua composição, como o caso do dióxido de carbono e da água, resulta diretamente em sua eficiência, pois, tais substâncias acabam absorvendo grande parte da substância gerada. Neste contexto, na medida que os percentuais dessas substâncias começam a aumentar, aumenta-se o poder calorífico do biogás acaba diminuindo (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Segundo Magalhães *et al.* (2014), a presença do vapor de água na composição do gás acaba prejudicando diretamente as instalações que são utilizadas que são para a conversão energética, podendo agir como um tipo de agente corrosivo posteriormente a sua condensação, enquanto, o gás carbônico acaba ocupando um volume totalmente desnecessário, resultando diretamente em uma maior capacidade de armazenamento.

Vale mencionar que, o poder calorífico do biogás pode variar entre 4,17 e 8,04 kcal/Nm³, considerando basicamente uma concentração de metano na mistura de 40 e 80%, de forma respectivamente. Em relação ao metano puro o mesmo apresenta um poder calorífico de 8.500 kcal/Nm³ e, desta forma, 10% de CO² na mistura gasosa do biogás aproximadamente se representa com 850 kcal/Nm³ bem a menos do poder calorífico (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Conforme entendimento de Alves (2015), estas considerações contribuem basicamente com a determinação das adaptações necessárias das máquinas que irão utilizar o biogás como um combustível e também com as técnicas que são usualmente empregadas na purificação do gás que está apresentada na tabela 3.

| Remoção de: | Descrição geral | Detalhes |
|------------------------------------|------------------------|--|
| Água | Adsorção | Silica Gel |
| | | Peneira molecular |
| | | Alumina |
| | Absorção | Etileno glicol |
| | | Selexol |
| Refrigeração | Resfriamente a 2 °C | |
| CO ² e H ² S | Absorção | Soventes orgânicos Selexol, flúor, solução de sais alcalinos |
| | Adsorção | Peneira molecular |
| | | Carvão ativado |
| Separação por membranas | Membranas de fibra oca | |

Tabela 3: Técnicas empregadas para a purificação do biogás

Fonte: Alves (2015)

Diante deste contexto, Magalhães *et al.*, (2014), afirma que a tecnologia que se utiliza para a purificação do biogás é exatamente a lavagem do gás com água, em decorrência da grande solubilidade do CO² e H²S.

4.1 Formação do biogás

A formação do biogás ocorre a partir da degradação da matéria orgânica, e sua produção é basicamente mediante uma grande variedade de resíduos orgânicos, conforme os resíduos domésticos, iodo de esgoto, resíduos de atividades pecuárias ou agrícolas, e outros mais. Sendo assim, a composição do biogás, é necessariamente 60% de metano, 35% de dióxido de carbono e ainda 5% de um conjunto de gases como, nitrogênio, hidrogênio, sulfídrico, amônia, monóxido de carbono e aminas voláteis (BORBA, 2016).

Contudo, de acordo com Freitas (2017), os percentuais citados acima podem ter grande variações dependendo do tipo de resíduos, assim como o tratamento e também conforme a eficiência do processo, em que o biogás acaba chegando a conter de 40% a 80% de metano.

A decomposição da matéria orgânica no aterro sanitário ocorre mediante dois processos, em que a princípio ocorre a decomposição dos resíduos no solo de forma aeróbica e, depois da cobertura desses resíduos, com a redução do O² presente, começa-se a fase de decomposição anaeróbica (BORBA, 2016).

A taxa de produção do biogás ocorre exatamente a partir da decomposição dos resíduos, contudo, a mesma possui variação ao longo do tempo, sendo assim, nas condições normais, a decomposição consegue atingir um pico entre o primeiro ano e o segundo, diminuindo conseqüentemente por anos depois (FREITAS, 2017).

De acordo com Freitas (2017), a primeira fase é considerada um período em que os resíduos são exatamente depositados no solo, onde ocorre o início da decomposição aeróbica, a qual acaba se estendendo por horas ou períodos que seja necessariamente realizada a cobertura dos mesmos, diminuindo gradativamente a presença do oxigênio. Já em relação a segunda fase, conhecida também como fase de transição, cujo período é o nível que o oxigênio já diminuiu e tem o início da fase anaeróbica.

Neste período, os microrganismos que são responsáveis pela conversão da matéria orgânica diretamente em metano, iniciam-se a formação dos ácidos graxos e também de outros produtos intermediários. Já na fase seguinte, ou seja, na ácida, a qual antecede a formação do metano, as reações que se inicia na transição começam a serem aceleradas, conseqüentemente produz compostos com baixa massa molecular, como a concentração reduzidas de outros ácidos e também o ácido acético (FREITAS, 2017).

Na quarta fase, ocorre a predominância dos microrganismos que são estritamente anaeróbios, cuja denominação é metanogênicos, os quais convertem o ácido acético e também o hidrogênio, que foram produzidos na fase anterior, o metano em dióxido de carbono (FREITAS, 2017).

De acordo com Borba (2016), após a ocorrência da degradação de grande parte da matéria orgânica e conversão do metano e dióxido de carbono, inicia-se a maturação, ou seja, a fase final. Em decorrência da continuidade da umidade da massa do lixo, porções que ainda não tinham sido degradadas passam a reagir e a taxa da geração do biogás passa a diminuir, pois a maior parte dos nutrientes acabou sendo consumida nas fases anteriores.

Sendo assim, Freitas (2017) afirma que cada fase de produção de biogás depende diretamente da distribuição dos componentes orgânicos que se encontra no solo, assim como a quantidade de nutrientes que estão disponíveis, a umidade dos resíduos e também o grau de compactação. Uma previsão de forma geral é que, a geração do biogás, mesmo após o encerramento da célula do aterro ainda se prolongue basicamente por 20 anos.

5. TECNOLOGIAS PARA CONVERSÃO DO BIOGÁS EM ENERGIA ELÉTRICA

É necessário haver a transformação de um tipo de energia em outra, ou seja, é o que ocorre com a conversão energética de um combustível. Desta forma, a conversão energética do biogás, se trata de um processo de transformação de energia química das suas próprias moléculas, a partir de uma combustão controlada diretamente em energia mecânica, cuja energia pode acionar um alterado que vai gerar a energia elétrica (CORREA, 2013).

Segundo Castro (2016), a geração de energia elétrica decorrente do biogás, tem vantagens como a utilização de um combustível renovável, além de apresentar um baixo custo, ou seja, são resíduos de processos, que possui menor emissão de poluentes e um grande balanço de carbono negativo, como também tem a possibilidade de geração totalmente descentralizada que ficam mais próximos dos pontos de distribuição, diminuindo totalmente as perdas na transmissão e custos.

Entre as tecnologias consideradas convencionais para a transformação energética do biogás, pode-se destacar as caldeiras, motores de combustão interno e as turbinas a gás. Existe também as tecnologias emergentes, como é o caso das células de combustíveis, as quais ainda estão em fase de desenvolvimento e principalmente em aperfeiçoamento, e possivelmente poderá ser uma tecnologia muito promissora (CASTRO, 2016).

5.1 Ciclo de Otto – motores de combustão interno

Denomina-se de motor de combustão interno pelo fato da sua produção de energia mecânica a partir de uma mistura de combustível com vapor a ocorrer dentro de um cilindro. Sendo assim, Correa (2013) menciona que, a energia mecânica é gerada a partir da



transformação do movimento retilíneo do pistão em circular mediante um virabrequim, cujo mecanismo é muito utilizado, já que se trata de um processo muito prático com ampla durabilidade.

Em aproximadamente 1876 o engenheiro Nikolaus August Otto, teve a brilhante ideia de desenvolver um motor, cujo conceito era de 4 tempos, o qual teve a produção em todo o mundo em 1878, sendo conhecido na contemporaneidade como o motor de ciclo de Otto. Esses tipos de motores aspiram a mistura ar-combustível antes mesmo do mesmo ser comprimido para o interior dos cilindros e com isso a combustão da tal mistura passa a ser dada por centelha que se produz em uma vela de ignição (LOMBARD *et al.*, 2014).

Na figura 1 apresenta basicamente os quatros tempos do motor Otto, já que seu funcionamento ocorre de forma sequencial e necessariamente em quatro etapas, sendo assim, Pereira (2016) apresenta a sequência, ou seja, as 4 etapas do motor Otto em funcionamento:

- Primeiro: ocorre a abertura da válvula de admissão onde é injetada diretamente no cilindro a mistura ar-combustível e também o pistão que será empurrado diretamente para baixo com o tipo de movimento virabrequim;
- Segundo: ocorre o fechamento da válvula de admissão e também de compressão da mistura, e no momento em que o pistão sobe, antes mesmo que alcançar a parte superior, a vela automaticamente acaba gerando uma faísca;
- Terceiro: ocorre a explosão da mistura e também a expansão dos gases que são formados na explosão e que estão quentes. Esse tipo de expansão basicamente promove um tipo de força que faz com que o pistão começa a descer;
- Quarta: ocorre a abertura da válvula de escape e ocorre a expulsão dos gases pelo pistão.

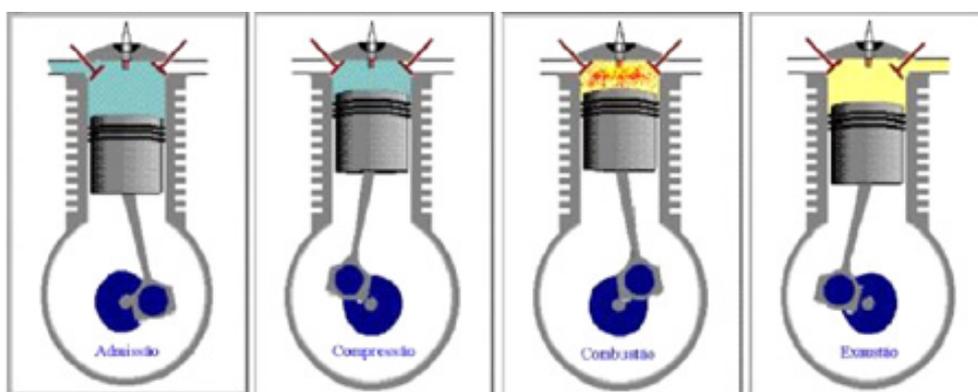


Figura 1: Apresentação do motor Otto em 4 tempos

Fonte: Pereira (2016)

Vale mencionar que, seria amplamente interessante que os motores de combustão interno possuíssem de fato razões de compressão bem elevados, contudo, foi estabelecido um limite bem superior em relação a compressão para esses motores de ciclo de Otto em decorrência da possibilidade de autoignição, a qual ocorre necessariamente com a temperatura da mistura que não foi queimada, tornando-se muito alta antes mesmo que essa mistura seja de fato consumida na frente da chama. Por isso, a autoignição pode causar grande ondas de altíssima pressão que irá provocar a perda de potência e principalmente de danos diretamente no motor (PEREIRA, 2016).

O biogás pode ser diretamente utilizado nos motores estacionários, porém, as vezes é necessário a purificação do combustível. De acordo com Lombard *et al.*, (2014), os motores

a álcool acabam sendo mais interessantes nas operações com o biogás, visto que, o mesmo possui uma taxa de compressão bem mais elevada.

Ainda com Lombard, et al., (2014), afirma que a eficiência do motor pode diminuir quando ocorre o teor de metano diretamente presente no combustível, sendo uma redução bem menor que 50%.

Vale enfatizar que, tanto a temperatura, a qualidade e pressão do biogás, assim como sua eficiência e o ponto de operação do motor acaba influenciando totalmente no consumo específico do combustível, ou seja, por basicamente unidade de energia mecânica produzida, sendo de grande importância determinar exatamente o tempo de ignição da própria mistura, como também das características que são apropriadas do combustível (DIAZ, 2016).

5.2 Microturbinas a gás e turbinas

A classificação das turbinas de gás ocorre conforme o ciclo de operação, ou seja, ciclo aberto ou fechado, onde o primeiro é considerado o mais comum. O modo aberto é apresentado na figura 2 a, onde ocorre a compressão do fluido, elevando-se diretamente a pressão. Trata-se de um processo que não existe nenhum tipo de calor adicionado, pois, o compressor, em suas condições ideais, acaba operando em regime adiabático, fazendo com que esse trabalho de compressão acabe aumentando a temperatura do ar, e este entrará na câmara de combustão, quando estiver em contato com o combustível, reagindo dando início ao processo de queima (MORAN; SHAPIRO, 2012).

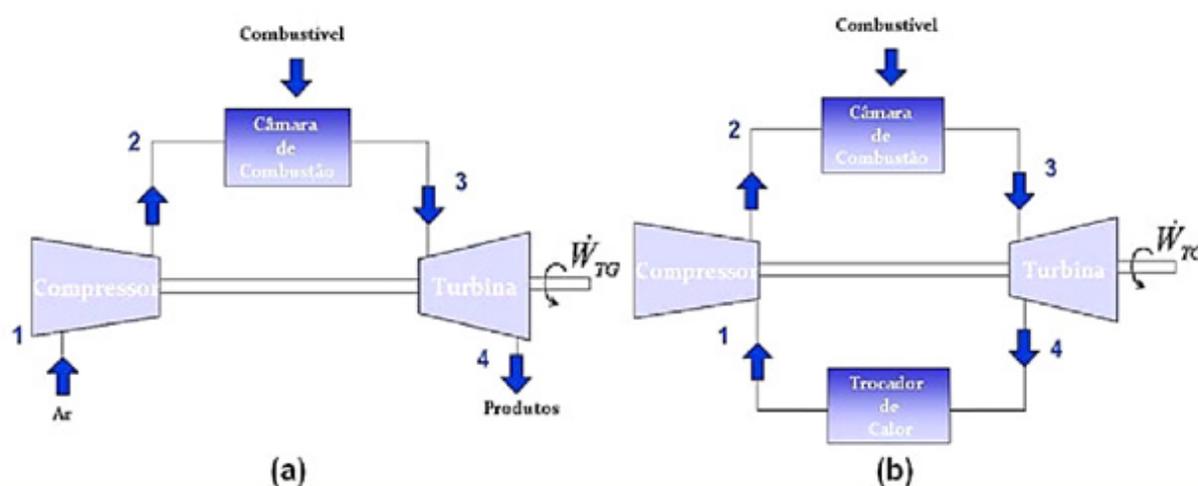


Figura 2: Apresentação da turbina a gás (sistema aberto)

Fonte: Moran; Shapiro (2012)

De acordo com entendimento de Moran e Shapiro (2012), os gases que são resultantes de combustão, com a elevada temperatura, acaba expandindo a turbina e gerando a energia mecânica, como também, automaticamente aciona o compressor. Sendo assim, produz o trabalho útil e calcula-se pela diferença entre o trabalho ocorrido na turbina e o consumido pelo compressor. Já no ciclo fechado, apresentado na figura 2 b, os gases que passam a deixar as turbinas diretamente por um trocador de calor, acaba sofrendo o resfriamento para que possa entrar novamente no compressor.

Nota-se que, este tipo de configuração, apresenta o melhor aproveitamento do calor e principalmente a grande possibilidade de operação em pressão altamente elevadas, uti-

lizando-os apenas nas instalações de grande porte (COSTA *et al.*, 2013).

No intuito de simplificar o processo, Moran e Shapiro (2012), apresentou um estudo de instalações de potência com turbinas a gás, sendo está uma das análises de ar padrão, a qual sempre são estabelecidas de duas hipóteses, ou seja, o ar é basicamente o fluido de trabalho e o aumento de temperatura que necessariamente seria capturado pela combustão, é necessariamente realizado por meio de uma fonte de calor.

Sendo assim, afirma-se que, o ciclo aberto é necessariamente o processo real da combustão interna e o ciclo fechado é exatamente a aproximação do processo ideal da transferência de calor. (LOMBARD *et al.*, 2014).

5.2.1 Ciclo Brayton – recuperação

Se os gases provenientes da turbina viessem a ser descarregados diretamente no meio ambiente, estaria desperdiçando uma grande quantidade de energia, pois, a temperatura que esses gases saem, normalmente é muito superior ao do ambiente. Sendo assim, através de um trocar de calor, tem a possibilidade de usar esse potencial energético e pré-aquecer o ar antes mesmo de entrar na câmara de combustão, reduzindo significativamente a quantidade de combustão para ser queimado (MORAN; SHAPIRO, 2012).

Para uma melhor compressão, a figura 3 a, é apresentado o ciclo ar padrão Brayton com o regenerado.

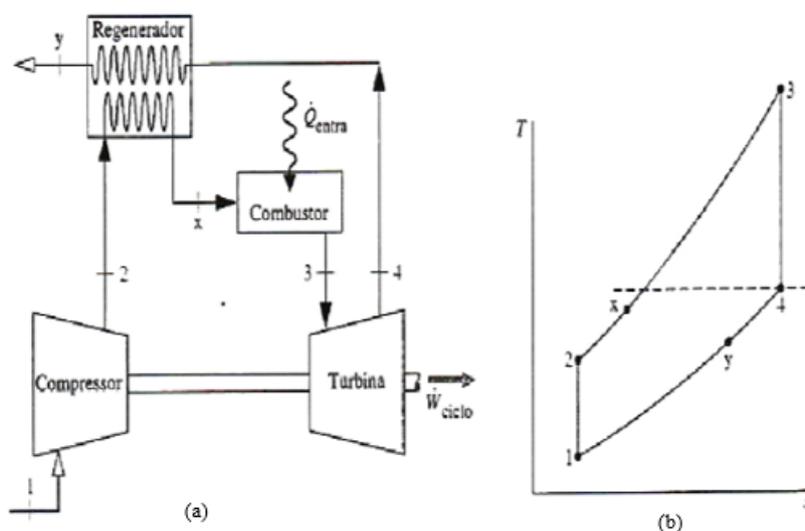


Figura 3: Ciclo de ar padrão (a) e Diagrama T x s do sistema regenerativo (b).

Fonte: Moran e Shapiro (2012)

O gás que sai da turbina é resfriado diretamente no estado 4 para o estado y e o ar que deixa o compressor passa a ser aquecido no estado 2 ao estado x (figura 18 b). (MORAN; SHAPIRO, 2012).

5.2.2 Ciclo de ar padrão

No sistema de potência equipados com a turbinas a gás, basicamente operam conforme o ciclo de Brayton, os quais são compostos simplesmente por quatro processos. Sendo assim, conforme a idealização do ar padrão, e desconsiderando as perdas pela transferên-

cia do calor para o meio ambiente e também para as perdas das cargas em decorrência dos atritos, visto que, o ar escoar e a pressão de forma constante através do trocador de calor, os processos que ocorrem no compressor e também na turbina são considerados isoentrópicos (MORAN; SHAPIRO, 2012).

5.2.3 Microturbinas

As microturbinas têm basicamente o mesmo tipo de princípio de fundamento das turbinas a gás com circuito aberto, apresentando grandes possibilidades de geração de eletricidade nas pequenas escalas. As mesmas apresentam uma alta confiabilidade, simplicidade de projeto e ainda é altamente compacta, fácil de manuseio e instalação, sendo construídas inicialmente para aplicações em transportes como turbinas de aviões, motores de ônibus e depois, foram aplicadas a sistemas de geração de energia elétrica e cogeração (GOMES *et al.*, 2017).

De acordo com entendimento de Castro (2016), a redução no consumo de combustível com a máxima geração de potência, acaba elevando diretamente a eficiência do ciclo, visto que, pode-se realizar o resfriamento do ar de combustão diretamente na entrada do compressor, garantindo, dessa maneira, uma eficiência melhor e grandes potências desses ciclos, pois, o ar, em elevadas temperaturas basicamente apresenta menor densidade, reduzindo diretamente a massa de ar que será fornecida à turbina. O resfriamento do ar também pode ser feito com a utilização dos sistemas de evaporativos mediante painéis de contato.

De acordo com Pimenta e Castro (2013), no resfriador evaporativo direto (RED) o ar sofre basicamente a umidificação antes mesmo de entrar no compressor (1). Logo na saída do compressor o ar é basicamente insuflado diretamente para a câmara de combustão (CC) onde é queimado com combustível gerando automaticamente os produtos de combustão que possivelmente sofrerão expansão na microturbina a gás (MTG) gerando necessariamente o trabalho de eixo.

5.2.4 Caldeiras à vapor

As caldeiras para o vapor d'água tratam-se de equipamentos que são capazes de produzir vapores superaquecidos, mediante a queima do combustível, o qual pode ser dividido basicamente em dois grandes grupos, isto é, flamotubulares e aquatubulares (SALOMON, 2017).

De acordo com Salomon (2017), as caldeiras aquatubulares, a água que terá o aquecimento passará pelo interior da tubulação, os quais estão envolvidos diretamente pelos gases quentes que vem da combustão, e as flamotubulares, esses gases circulam basicamente dentro dos tubos que passará do reservatório de água para ser aquecida.

Vale mencionar que, o ciclo de Rankine apresenta o funcionamento básico do ciclo de vapor, o qual é constituído basicamente por caldeiras, bomba, condensador e turbina a vapor, cuja energia térmica da combustão é transferida automaticamente para a caldeira, onde ocorre o aquecimento da água e depois a vaporização (SALOMON, 2017).

O vapor que gera pode seguir para os processos industriais ou mesmo para uma turbina a vapor, sendo assim, este vapor acaba se expandindo de acordo pela turbina que passa, exercendo um tipo de trabalho sobre as palhetas e ainda gera potência mecânica diretamente no eixo da turbina, a qual vai acionar um alternador que produzirá a energia elétrica. (SALOMON, 2017).

Quando sair da turbina, o vapor segue diretamente para um condensador e é bombeado novamente diretamente para a caldeira, reiniciando todo o ciclo. Contudo, vale enfatizar que, a produção da eletricidade dependerá muito do fluxo de vapor, assim também como das principais características de entrada e saída (SALOMON, 2017).

Em relação a caldeira aquatubular pode se apresentar basicamente com um custo de 50% superior à da flamotubular que tem a mesma capacidade, contudo, podem também ser projetadas para trabalhar em pressões e principalmente em temperaturas muito elevadas, já que possuem um tempo bem menor de partida. Sendo assim, para que possa aumentar a eficiência da caldeira, dispositivos como economizadores e também os pré aquecedores de ar podem estar sendo instalados, com objetivo de aumentar o aproveitamento de toda a energia dos gases de exaustão (GOMES *et al.*, 2017).

De acordo Salomon (2017) os fabricantes recomendam que as caldeiras operem aproximadamente entre 40 e 90% da sua capacidade nominal, a fim de garantir sua máxima eficiência, visto que, trabalhar abaixo deste valor, acaba contribuindo para uma relevância redução de eficiência na caldeira, enquanto que os valores superiores dos apresentados infelizmente comprometem a vida útil do equipamento.

Contudo, a respeito da combustão direta do biogás em caldeiras, como o controle do nível da vazão do combustível e da umidade. Vale mencionar que, a umidade pode acabar danificando o equipamento, causando grandes problemas no tempo da operação, sendo assim, precisa ser altamente controlado por linhas de purgadores e condensado. Sendo assim, a variação da qualidade do gás torna-se necessária para a instalação de sensores e válvulas que possam controlar diretamente a quantidade do combustível que será queimado, conforme concentração do metano que está presente (GOMES *et al.*, 2017).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos aterros sanitários todos os processos de tratamento são capazes de auxiliarem na redução dos resíduos que são constantemente gerados pela população. A destinação desses resíduos sólidos depende muito de cada região e sua disponibilidade, assim também como o índice do desenvolvimento de cada país.

Antes de projetar um aterro sanitário é necessário a realização de amplos estudos geológicos e principalmente topográficos para poder realizar a seleção de uma área que realmente seja ideal, de maneira que a sociedade e o meio ambiente não fiquem comprometidos com a instalação do mesmo.

Sendo assim, na fase da preparação do terreno para receber os resíduos sólidos, precisa tomar algumas medidas preventivas, de forma que possa evitar futuros problemas de falta de estabilidade do terreno ou mesmo de contaminação, como sistema de drenagem dos líquidos, impermeabilização do solo, e outras medidas, que possa de fato contribuir diretamente com a otimização da geração do metano.

A maneira mais simples de realizar a coleta dos gases dos aterros é exatamente mediante uma grande rede de tubos verticais, cujos tubos são de sucção horizontais, os quais são instalados no momento que os lixos estão sendo depositados nos aterros, garantindo que essa coleta do biogás possa ser iniciada desde o começo da própria produção.

Inicia-se a coleta do gás depois de uma grande porção de aterro já fechado por resíduos ou por terras, sendo assim, cada ponta de um tubo, conecta a uma tubulação lateral que serve para realizar o transporte do gás diretamente para um coletor principal, contudo, é necessário primeiramente planejar para que um futuro operador tenha a possibilidade de

controlar e ajustar o gás se for preciso, sendo assim, o biogás passa a ser succionados do aterro a partir da pressão negativa que existe nos tubos de transmissão.

Este trabalho teve o intuito de analisar a viabilidade do aproveitamento do biogás gerado no aterro sanitário. Com isso, é possível analisar os valores obtidos pela geração de energia por um determinado tempo e verificar se seria economicamente viável.

Referências

- ARAÚJO, Ana Paula Caixeta. **Produção de Biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico**. Monografia. Universidade Federal de Uberlândia. Engenharia química. Uberlândia, 2017.
- ABRALPE – **O descaminho do lixo**. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/brasilproduz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta-seletiva/> Acesso em: 01 maio. 2022
- ABREU, F. V.; AVELINO, M. R.; MONÂCO, D. P. **Estudo Técnico, Econômico e Ambiental da geração de energia através do biogás de lixo-o caso do aterro sanitário de Gramacho**. Duque de Caxias, 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos: classificação - NBR 10004**. São Paulo, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-ResiduosSolidos.pdf> Acesso em: 01 maio. 2022
- ALVES, J. W. S. **Diagnóstico técnico institucional da recuperação e uso energético do biogás gerado pela digestão anaeróbia de resíduos**. (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.
- AGGREKO. **Alugueis de geradores a gás**. 2021. Disponível em: <https://www.aggreko.com/pt-br/products/generator-rental/generators> Acesso em: 24 Jun. 2022.
- BALESTIERI, J. A. P. **Geração de energia sustentável**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 2018.
- BOLOGNESI, A. **A geração de energia a partir do lixo. Perspectivas no Estado de São Paulo**. Empresa Metropolitana de Águas e Energia. 28 de Maio de 2017.
- BORBA, S. M. P. **Análise de modelos de geração de gases em aterro sanitários: Estudo de caso**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.
- BRITO FILHO, L. F. **Estudo de gases em aterros de resíduos sólidos urbanos**. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2015.
- CASTRO, R. **Energias renováveis e produção descentralizada**. Área Científica de Energia. Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC) do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2016.
- CANEVER, Víctor Bruno. **Estudo de filtragem de biogás para fins energéticos utilizando como método de filtragem lavador de gases de baixo custo**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.
- CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos aterros sanitários nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Relatório final, 280p. Piracicaba, Mar de 2021.
- CORTEZ, C. L. **Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia: estudo de caso AES Eletropaulo**. (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- CORREA, A. S. **A influência da folga de válvulas na geração de ruído e vibração no motor fire 999cc 8v**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2013.
- COELHO, S. T.; et al., **Estado da arte do biogás. Relatório de acompanhamento**. Centro Nacional de Referência em Biomassa. São Paulo, 2011.
- DIAZ, G. O. **Análise de sistemas para o resfriamento de leite em fazendas leiteiras com o uso do biogás gerado em projetos MDL**. (Dissertação de Mestrado). Departamento de Engenharia Mecânica da Escola

Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016.

ESSENCIS. Essencis Soluções Ambientais. **Redução das emissões de gases de aterro – Caieiras, SP.** Documento de concepção de projeto (DPC), Versão 0. Caieiras, São Paulo, 2013.

FREITAS, F. **Potencial de Geração de Energia a Partir do Biogás de Aterros Sanitários na Cidade de São Paulo.** Trabalho apresentado na disciplina ENE 5718 – Energia, desenvolvimento e meio ambiente do Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE). São Paulo. Outubro de 2017.

GONÇALVES, A. T. T. **Potencialidade energética dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do município de Itajubá - MG.** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Itajubá, 2017.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica** (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação de Ciências em Planejamento Energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

LIMA, F. P. **Energia no tratamento de esgoto: Análise tecnológica e institucional para conservação de energia e uso do biogás.** (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

MAGALHÃES E. A. et al. **Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO2 contido no biogás.** Acta Scientiarum Technology, v. 26, n. 1, p. 11-19. Maringá, 2014.

MELLO, Andrielle Rimoldi. **Avaliação do potencial energético do biogás gerado em aterros sanitários que atendem diferentes faixas populacionais,** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2016

MORAN, M. J.; SHAPIRO, H. N. **Princípios da Termodinâmica para Engenharia.** 4ª edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, RJ, 2012.

PECORA, V. **Implantação de uma unidade demonstrativa de geração de energia elétrica a partir do biogás de tratamento do esgoto residencial da USP – Estudo de Caso** (Dissertação de Mestrado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

PEREIRA, J. C., **Motores e Geradores – Princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores.** 2016 Disponível em: <http://www.joseclaudio.eng.br> Acesso em: Mai. 2021.

PIMENTA, J. M. D.; CASTRO, W. P. **Simulação computacional do desempenho de painéis evaporativos acoplados a microturbinas a gás.** VIII Congresso Brasileiro de refrigeração, ventilação e condicionamento de ar. Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

PRATI, Lisandro . **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Gerado por Biodigestores.** 2016. 83 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2016.

REZENDE, Andrea das Graças Oliveira Brynner. **Avaliação do potencial energético e econômico do tratamento, destinação e reutilização de resíduos sólidos urbanos (RSU).** 1. ed. Rio de Janeiro: Conexão Ciência (Online), 2016.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade.** (Tese de Doutorado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2017.

TAVARES, André Neiva. **Oportunidades enterradas [recurso eletrônico] : geração elétrica a partir do biogás de resíduos sólidos urbanos / André Neiva Tavares, Glicia Vieira dos Santos, Ruy de Quadros Carvalho [autores], Sérgio Valdir Bajay (colaborador) . – Dados eletrônicos. - Vitória: EDUFES, 2019.**

TORRES, Pedro Jessid Pacheco. **Avaliação Técnico-Econômica de Diferentes Tecnologias de Geração de Eletricidade Para o Aproveitamento Energético de Resíduos de Biomassa em Comunidades Isoladas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

Engenharia Mecânica



20

GESTÃO DE MANUTENÇÃO *MAINTENANCE MANAGMENT*

Noberth dos Santos de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Thalysson Oliveira Sampaio
Renato Pinheiro Castro

Resumo

Este artigo tem a função de mostrar de forma clara e explicativa estudos teóricos utilizados por administradores, engenheiros e estudiosos, como um alicerce para ter uma melhor gestão na sua empresa. Essas manutenções são estudadas de forma elaborada e organizada, tendo em vista para qual serviço será realizado na empresa. São diversas manutenções e neste artigo serão abordadas e explanadas de forma simplificada os tipos de manutenções e onde poderão ser utilizadas no determinado serviço prestado, são elas, manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção centrada em confiabilidade, manutenção produtiva e manutenção autônoma, são as mais abordadas nas mais diversas áreas da gestão de manutenção.

Palavras-chave: Corretiva. Preventiva. Preditiva. Confiabilidade. Produtiva. Autônoma.

Abstract

This article has the function of clearly and explanatory showing theoretical studies used by administrators, engineers and scholars, as a foundation for having better management in your company. These maintenances are studied in an elaborate and organized way, considering which service will be performed in the company. There are several maintenances and, in this article, will be approached and explained in a simplified way the types of maintenance and where they can be used in the given service provided, they are, corrective maintenance, preventive maintenance, predictive maintenance, maintenance centered on reliability, productive maintenance and autonomous maintenance, are the most addressed in the most diverse areas of maintenance management.

Keywords: Corrective. Preventive. Predictive. Reliability. Productive. Autonomous

1. INTRODUÇÃO

Qual manutenção aplico a minha empresa? É uma pergunta que muitos empresários fazem, mas para entender qual manutenção utilizar em uma empresa, tem-se que entender o que é manutenção: A manutenção busca manter as máquinas e ferramentas prontas para as atividades, e a Gestão de Manutenção busca forma de evitar essas paradas não programadas de ferramentas ou máquinas, aumentando assim a produtividade e mantendo a eficiência e qualidade das ferramentas e dos bens produzidos. Segundo a norma brasileira NBR 5462 (1994), manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de coordenação, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida, podendo inclusive incluir uma modificação do item.

Existe diversos modelos de manutenção, porém, todos estão corretos. O que determina se um modelo de manutenção é correto ou não, é para qual setor ou serviço ele vai ser adotado. Pois, para determinar, é necessária uma análise bem elaborada, e pra isso, tem-se meios para determinar. Manutenção corretiva, que visa corrigir o problema depois da falha, contribuindo para uma desesperada correção ocasionando uma baixa na produtividade, não cumprimento do prazo e baixa eficiência. Diferente da Preventiva, que busca a correção antes da falha, por meio de uma parada planejada, sem perda na produtividade e sem perda de eficiência. Manutenção preditiva, tem como objetivo “ouvir o equipamento” como o próprio nome sugere, neste tipo de manutenção é possível analisar de forma precisa o que está acontecendo com a máquina e prever a vida útil do equipamento por meio de análises vibracionais, ruídos, temperatura etc. Como também manutenções que abrangem todas as anteriores e outra que se baseia em administração sistemáticas. Para identificar qual o melhor tipo de manutenção, devemos analisar todos os pontos como, parada de equipamento, tempo do equipamento parado, tempo de correção de falha, custos para a manutenção, mão de obra etc. Todos esses pontos precisam ser levantados pra identificar qual o melhor plano de manutenção.

Por meio deste artigo, será possível analisar e entender qual a manutenção será ideal para a empresa, será abordado a evolução da manutenção, suas necessidades em cada época, entender a importância dos indicadores e saber por meio dos indicadores, qual será a melhor manutenção. Portanto, a Gestão de Manutenção é uma disciplina complexa, com vários detalhes que devem ser pontuados para que não ocorra baixa na produtividade. Necessita de uma análise bem elaborada e estruturada para apresentar um excelente plano de manutenção, visando a máxima performance das máquinas, ferramentas e o bem-estar dos colaboradores para realização e cumprimento do plano proposto.

O que justifica a elaboração deste artigo, é a busca pela compreensão de como identificar qual o plano de manutenção ideal para uma empresa com base nas teorias elaboradas e estudadas até hoje, mostradas no decorrer deste projeto apontando o tipo de manutenção e explicando de forma clara e resumida a sua utilização nas empresas que presta serviços com qualidade e cumprindo o prazo proposto.

2. METODOLOGIA

O tipo de pesquisa utilizado neste trabalho foi uma revisão de literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações em artigos científicos e documentos eletrônicos, obras cinematográficas etc. Selecionados através de busca nas seguintes bases de dados:

PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), manutenção preventiva, manutenção corretiva, manutenção preditiva, manutenção produtiva, indicadores de manutenção, engenharia de manutenção, gestão de transportes etc. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 34 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Corretiva. Preventiva. Preditiva. Confiabilidade.

3. EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO E SUAS NECESSIDADES

Tendo em vista o conceito de manutenção, pode-se dizer que teve início há muito tempo, contudo, na revolução industrial no século XVIII, a sociedade buscava formas de otimizar a produção dos bens de consumo (VIANA, 2002). Visto que, a manutenção naquela época era somente corretiva. Com o término da segunda guerra, iniciou a guerra fria, uma disputa de tecnológica que contribuiu ainda mais para o avanço de máquinas e ferramentas, e com isso, a procura de mão de obras qualificadas foram ganhando forças e novas forma de trabalho foram surgindo paralelamente ao aprimoramento das máquinas.

Com o avanço de máquinas e equipamentos, surgiram novas necessidades de manutenção, como a corretiva, preventiva e preditiva, manutenção produtiva total e manutenção centrada na confiabilidade. Segundo Xenos (1998), manutenção corretiva é feita depois que a falha acontece. “Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. Depois da falha o item tem uma pane” (VIANA, 2002).

O item 2.8.7 da página 7 da NBR 5462 define que a manutenção preventiva e a aquela efetuada nos intervalos programados, ou de acordo com critérios do fabricante, destinada a redução de falha ou o desgaste prematuro da peça ou ferramenta. Todas as empresas que necessitam de equipamentos que tenham uma constante produção e não podem ter paradas não planejadas dos equipamentos, utilizam este tipo de manutenção, na qual recebe um plano de manutenção que precisa ser seguido, organizada e efetuada com previsão e controle, a manutenção preventiva é planejada, enquanto a manutenção corretiva pode ou não ser planejada (VIANA, 2002).

O item 2.8.9 da página 7 da NBR 5462 que fala da manutenção preditiva diz que é uma manutenção que permite garantir a qualidade de serviço, com base na aplicação de técnicas de análise sistemáticas, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem como equipamentos especializados, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Ou seja, a manutenção preditiva tem o objetivo de prever a situação do equipamento e encontrar falhas em estágio inicial, quando ainda não são prejudiciais ao equipamento ou processo de produção. Quando a falha for identificada em estágio inicial, podemos planejar e programar ações para eliminar essa falha. É um tipo de manutenção que faz análise de campo como a aferição da temperatura, vibração, ultrassom, análise físico-química de óleos e termografia, é utilizada em equipamentos e máquinas com valores elevados e que a parada do maquinário é prejudicial a produção (ANDREUCCI, 2014).

Campo de aplicação do exame ultrassônico que vem se ampliando, em 1929, o cientista Sokolov fazia as primeiras aplicações de energia sônica para atravessar materiais metálicos enquanto que em 1942, Firestone utilizava o princípio de ondas, para exames de materiais (VIANA, 2002).

Após a segunda guerra mundial, empresas japonesas como a Toyota, construíram um plano de manutenção chama TMP (*Total Productive Maintenance*), construída com o intuito de alcançar o defeito zero, falha zero, aumento da disponibilidade de equipamento

e lucratividade para a empresa, tem como principal objetivo o rendimento operacional global. Para conseguir tal feito, traçaram os seguintes passos: Treinaram os colaboradores e os incentivaram a conduzir operações de manutenção de forma voluntária, treinaram os mecânicos para executar a manutenção em sistemas mecânicos e eletrônicos, incentivaram e estudaram modificações e equipamentos para melhor execução das atividades e a aplicação dos 8S (ALMEIDA, 2014).

Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) como dito, Pereira (2011), A MCC objetiva a diminuição das manutenções preventiva e corretiva por meio de atividades mais eficientes, com a utilização de técnicas de análise entre falhas, a garantia que o equipamento cumprirá suas funções com o menor custo. Metodologia FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis* – Análise dos Modos e Efeitos das Falhas): Uma ferramenta utilizada para identificar todos os componentes envolvidos, realizando uma análise quantitativa, facilitando a visualização da causa primária da falha, e a FTA (*Fault Tree Analysis* – Análise da Árvore de Falhas): É uma técnica gráfica dedutiva, estruturada em termos de eventos, em vez de componentes. Essa ferramenta é usada para montagem de uma árvore de falhas, que se inicia com a identificação do componente que falhou ou que tem uma grande probabilidade de falhar, na qual, esse componente será colocado no topo da árvore e as raízes serão as partes do sistema, montando assim um fluxograma.

Para a definição de um plano de manutenção, é de suma importância o controle e revisão do orçamento da manutenção, pois o orçamento é a forma quantitativa do plano de manutenção. (XENOS, 1988) mencionou em seu livro: O orçamento é a expressão quantitativa do plano de manutenção. Assim, um dos itens de controle do giro do ciclo SDCA (*Standard, Do, Check, Act* – Padrão, Executar, Verificar, Atuar) do plano de manutenção é o cumprimento do orçamento da manutenção dentro dos limites preestabelecidos. Se o plano de manutenção não for bem elaborado e executado, será impossível cumprir as metas do orçamento global da manutenção, podendo ocorrer complicações nas operações.

Para se conseguir um plano de manutenção eficaz para frotas, é necessário analisar todo o funcionamento e atentar a qual serviço irá prestar. Os indicadores irão auxiliar para esse plano. O intervalo predeterminado, observando o manual do transporte que irá trabalhar, consta os períodos dessas paradas, como o caso de troca de filtros, óleos e outras peças. Uma obra que mostra exatamente essa evolução é um filme de 1936, *Tempos Modernos*, produzido, dirigido e realizado por Charles Chaplin.

Por que ocorrem as falhas? As falhas nos equipamentos são divididas em três grandes categorias de causas, falta de resistência, uso inadequado ou manutenção inadequada. A falta de resistência é um erro de projeto, podendo ser erro na montagem, no processo de fabricação ou na especificação do material; O uso inadequado, pode ser resultado de uso de um equipamento fora da capacidade especificada ou uso inadequado no equipamento, levando a ser um erro operacional; Manutenção inadequada, são ações preventivas utilizadas de forma insuficiente ou não estão sendo executadas de forma correta (XENOS, 1988).

4. ANÁLISE DE CADA TIPO DE MANUTENÇÃO

Almeida (2014), manutenção preventiva, a mais utilizada dentre as manutenções, com a evolução das máquinas e equipamentos, as fabricantes começaram a disponibilizar informações sobre vida útil de peças e sobre como conservar o bom funcionamento dos equipamentos e acrescentando um cronograma de paradas de máquinas de forma planejada, trazendo vantagens com relação a manutenção corretiva, como, equilíbrio de recursos humanos, pois poderá verificar a quantidade de mão de obra para execução do serviço.

Eliminar tempos de espera para compra de peças, como é sistematizado e controlado, a solicitação de material poderá ser elaborada conforme a necessidade e evitando estoque desnecessário e parada de máquinas por falta de material; Confiabilidade de prazos no sistema de produção, já que todo material e mão de obra já foram selecionados e executados de forma planejada, evitando espera por quebras e atraso; Satisfação do cliente, já que todo o prazo foi cumprido e a máquina está em perfeito funcionamento; Gestão ambiental, no que se refere a prevenção de vazamentos de agentes poluentes, como mangueira de combustível rompida, vazamento de óleo de motor, vazamento de óleo de câmbio etc. (ALMEIDA, 2014).

Na década de 60 a manutenção preventiva consistia em intervenções nos equipamentos feitos em intervalos fixos. O custo da manutenção também começou a se elevar muito em comparação com outros custos operacionais e controle de manutenção que, hoje, são parte integrante da manutenção moderna (KARDEC; NASCIF, 2013).

Manutenção Preditiva, é uma estratégia de manutenção, pois, não tem como função o conserto, e sim, avisa quando é o melhor momento de fazer a manutenção de determinado equipamento. A implementação dessa manutenção, é determinada de acordo com a necessidade da empresa, aquelas que buscam por antecipar a necessidade de determinada peça, aproveitando o máximo; analisar com instrumentos específicos e eliminado a necessidade de desmontagem de determinada máquina; aumentar o tempo de utilização do equipamento sempre acompanhando a evolução do defeito; Evitar paradas imprevistas por identificar um problema e não acompanhar a evolução; Evitar generalização de problema devido a um único problema; Garantir a qualidade e reduzir custos mantendo a qualidade do serviço (ALMEIDA, 2014).

Manutenção Produtiva Total (TPM), Este tipo de manutenção tem as mesmas características da preventiva e preditiva, por meio de treinamentos de operadores para identificação de possível problema (preditivo) acionam o setor de manutenção e com as informações os mecânicos detectam o problema e solucionam, prevenindo uma parada não planejada da máquina. Esta manutenção tem 5 pilares representados por: eficiência, autorreparo, planejamento, treinamento e ciclo de vida com o objetivo de defeito zero, falha zero, aumento de disponibilidade de equipamento e lucratividade. (ALMEIDA, 2014). Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), adota a metodologia com uma sequência estruturada, composta assim por 7 etapas denominadas como, seleção do sistema de coleta de informações, que tem como objetivo documentar e identificar processo ou sistemas submetido a análise.

Análise de modos de falhas e efeitos, uma etapa que todas as funções são documentadas após de identificadas seus modos de falha utilizando a metodologia FMEA; Seleção das atividades aplicáveis, que determina as tarefas preventivas aplicáveis para amenizar, corrigir ou prevenir cada modo de falha; Avaliação de efetividade das atividades, esta avaliação é um processo estruturado para determinar se uma tarefa preventiva é efetiva para reduzir as possíveis falhas; Seleção das tarefas aplicáveis e efetivas, nessa etapa, busca a determinação de uma melhor tarefa tendo em vista os resultados do processo operacionais, impactos e segurança; Definição da periodicidade das atividades, essa é uma etapa que estabelece métodos e critérios para a definição da periodicidade ou frequência na realização de atividades selecionadas, com a utilização de quatro subprocessos como: análise de confiabilidade, análise de manutenibilidade, análise produtiva e otimização (ALMEIDA 2014).

Uma manutenção que vem ganhando espaço é a Manutenção Autônoma, pois é um processo que visa capacitar os colaboradores e que os próprios colaboradores façam mudanças em seu ambiente de trabalho, visando a alta produtividade. A manutenção autô-

noma possui 7 passos que precisam ser seguidas.

Limpeza inicial da máquina que busca fazer com que o operador tenha mais cuidado com a execução das atividades; Eliminação de fontes de sujeiras em locais de difícil acesso, nessa etapa os funcionários fazem a realocação dos equipamentos obstruindo a área de possíveis sujeiras; Elaboração de normas de conservação, elimina pontos fracos com base na análise das falhas observadas no passado; Inspeção geral, todas as responsabilidades estão registradas e atendidas pela equipe de operação, nesta etapa acontece 3 testes, o teórico, o prático e o teste no chão de fábrica; Inspeção autônoma, tem como objetivo manter os padrões por meio da capacitação dos colaboradores; Padronização, revisa todos os documentos elaborados até a etapa de inspeção autônoma, e manter uma rotina operacional; Autogerenciamento, consiste na organização do posto de trabalho com materiais de limpeza em locais apropriados, ferramental, organizado e identificado (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011).

Manutenção Produtiva, pode ser entendido como a melhor aplicação dos diversos métodos de manutenção, visando otimizar os fatores econômicos da produção, garantindo a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos com o custo mais baixo. Manutenção Produtiva abrange as etapas do ciclo de vida dos equipamentos, desde o seu projeto até o sucateamento, e leva em consideração os custos de manutenção e a produtividade do equipamento até o final do seu ciclo. Essa manutenção não é um método propriamente dito, mas sim, uma maneira de pensar e podemos representar a manutenção produtiva como o conjunto de métodos de manutenção.

As funções de apoio da manutenção produtiva são divididas em: Tratamento de falhas de equipamentos, na qual será analisado e elaborado uma contramedida para a resolução da falha; Padronização da manutenção, é um procedimento e padrão técnico e gerenciais relacionadas com as atividades de manutenção; Planejamento da manutenção, é entendido como a ação de preparação dos serviços de manutenção preventiva; Almoxarifado, é a função na qual visa armazenar e controlar as peças de reposição e materiais de consumo dos equipamentos; Orçamento da manutenção, o objetivo desta ação, é controlar os recursos financeiros alocados ao departamento de manutenção, seguindo o plano de manutenção onde entra o custo de manutenção, que é composto por um somatório do custo da mão de obra, custo de materiais, custo de serviço de terceiros e outros custos que não se enquadra em nenhum desses três; Educação e Treinamento, é um conjunto de atividades de transferências de práticas na qual o objetivo é passar todo o conhecimento ao colaborador e o capacitar a desenvolver as atividades (XENOS 1988).

5. CONCLUSÃO

A manutenção ideal de uma máquina é a que garante uma grande disponibilidade do equipamento para a produção, com o custo adequado, garantindo as condições de segurança e a preservação do meio ambiente. Portanto, precisará de uma análise bem organizada e elaborada para alcançar os pontos exigidos se acordo como o mencionado neste parágrafo.

Compreender a evolução da manutenção garante o conhecimento de saber utilizar os fundamentos da manutenção moderna por meio da apresentação de princípios, técnicas e processos relativos à gestão da manutenção de equipamentos e sistemas, capacitando a fazer o uso eficaz dos recursos e das tecnologias disponíveis e saber identificar os tipos de manutenções utilizados nas empresas.

Para exercer estrategicamente, a manutenção precisa estar voltada para os resultados organizacionais da empresa. É preciso, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar a instalação ou equipamento tão rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função da máquina ou equipamento para a operação, reduzindo a possibilidade de uma parada de produção não planejada. A manutenção está cada vez mais inserida em um ambiente mercadológico competitivo, em que todos os setores de uma companhia devem funcionar adequadamente para evitar perdas na produtividade.

Referência

ALMEIDA, Paulo Samuel de Almeida. **Manutenção Mecânica Industrial**: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada. Tatuapé: Editora Érica Ltda, 2014.

ANDREUCCI, Ricardo Andreucci. **Ensaio por Ultrassom**. [recurso eletrônico]. Assessoria e Serviços Técnicos Ltda, 2014

BUDYNAS, Richard G. Budynas. NISBETT, J. Keith Nisbett. **Elementos de Máquinas de Shigley**: Projeto de Engenharia Mecânica. Porto Alegre: AMGH, 2011.

FOGLIATTO, Flávio Sanson Fogliatto. DUARTE, José Luís Duarte Ribeiro. [recurso eletrônico]. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. 4. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

OLIVEIRA, Sebastião de Oliveira. OLIVEIRA, Alessandra Petrech de Oliveira. LIMA, Lúcia Maria Schutz de Lima. **Gestão de Transportes**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2014.

PERIERA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção**: teoria e prática. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. 228 p.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia Viana, **PCM Planejamento e Controle de Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippos Xenos. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: O caminho para evitar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: EDG.,1998.

21

FALHAS EM PEÇAS MECÂNICAS: UM RESUMO DOS PRINCIPAIS ESTUDOS

*FAILURES IN MECHANICAL PARTS: A SUMMARY OF THE
MAIN STUDIES*

Thalysson Oliveira Sampaio
Antonio Merval Machado Tavares
Noberth dos Santos de Oliveira
Renato Pinheiro Castro

Resumo

Esse artigo tem a função de oferecer de forma sucinta, estudos teóricos que são utilizados pelos engenheiros, estudiosos e cientistas, como ferramentas, para estar evitando as falhas em peças mecânicas. Essas falhas são estudadas de forma separadas pelo tipo de carregamento que uma determinada peça sofre. No caso das teorias de falhas estáticas, elas têm a única função de serem empregadas em casos de carregamentos que não variam com o tempo, portanto nunca devem ser usadas em carregamento dinâmico. Quando se encontra uma peça carregada dinamicamente, deve-se usar as teorias de falha por fadiga para estar precavendo a peça à falha. Além das falhas que deformam toda a peça há também as falhas superficiais, como a corrosão, que é uma grande causadora de gasto na indústria. Essas três categorias de estudos foram aprofundadas em obras dos principais autores sobre o assunto, trazendo nessa escrita suas considerações sobre cada ponto de significância.

Palavras-chave: Peças Mecânicas. Teorias de Falhas Estáticas. Teoria de Falha Por Fadiga. Falhas Superficiais.

Abstract

This article has the function of offering in a succinct way, theoretical studies that are used by engineers, scholars and scientists, as tools, to be avoiding failures in mechanical parts. These failures are studied separately by the type of loading that a particular part undergoes. In the case of theories of static failure, they have the sole function of being employed in cases that do not vary with time, so they should never be used for dynamic loading. When you encounter a dynamically loaded part theories of fatigue failure must be used to prevent the part to failure. Besides the failures that deform the entire part, there are also surface failures corrosion, which is a major cost factor in industry. These three categories of studies were deepened in the works of the main authors on the subject, bringing on the subject, bringing in this writing their considerations about each point of significance.

Keywords: Mechanical parts. Static Failure Theories. Fatigue Failure Theory. Superficial Failure



1. INTRODUÇÃO

O porquê uma peça mecânica falha? Essa é uma pergunta bem corriqueira no campo da engenharia mecânica, e geralmente é respondida de forma leiga. A busca do entendimento do porquê uma peça falha teve seu início por volta dos anos 1800 e ao decorrer de todos esses séculos, vários engenheiros e cientistas conceberam um vasto conjunto de informação nessa área. Com isso, esse artigo tem como pretexto trazer, de forma resumida, todo esse conjunto de princípios que abrange o campo das teorias de falhas mecânicas.

As teorias de falha mecânica foram concebidas em épocas diferentes e com isso estudam dois tipos de carregamentos diferentes. As teorias das falhas estáticas são empregadas para peças que sofrem por carregamento estático, que não varia no tempo. Em contrapartida, temos a teoria das falhas por fadiga que é essencialmente empregada para projetos que vão sofrer por carga dinâmicas. Essas duas categorias de estudo formam uma grande caixa de ferramenta que os engenheiros usam para projetar peças mais seguras e economicamente viáveis.

Outro assunto que será empregado aqui, são um dos maiores causadores de gastos em se falando de falhas em peças mecânicas. As falhas superficiais, tem o seu lugar nesse trabalho, pois o entendimento desse assunto é de suma importância para um engenheiro mecânico. Além do desgaste por corrosão, que é o mais conhecido pelos leigos, esse tema retrata outros dois tipos de desgaste, que são: desgaste por adesão e o desgaste por abrasão. Sendo significativos para o estudo de falhas em peças mecânicas. A característica que justifica a criação desse artigo é, a retratação crucial das duas teorias de falha de peças mecânica, e também descrição das falhas superficiais. Para assim, expor a grande gama de ferramentas que ajudam os engenheiros mecânicos a realizarem projetos mais confiáveis e com altos ciclos de vida. Além de apontar como essas falhas ocorrem e apresentar o conteúdo necessário para a prevenção de falhas em projetos mecânicos.

2. METODOLOGIA

Nesse trabalho foi utilizado o modelo de pesquisa cuja natureza é qualitativa e descritiva. Portanto, como se trata de uma revisão bibliográfica, houve a necessidade de busca por conhecimento em livros, artigos científicos, dissertações, revistas e documentos eletrônicos, utilizando os termos: teorias da falha estática, teoria por fadiga e falhas superficiais, como palavras-chaves. Dessa forma, foi possível reunir as informações necessárias para aprofundar o conhecimento sobre as falhas de peça mecânica.

O período dos materiais utilizados para essa revisão bibliográfica, estão contidos em um espaço de tempo de 65 anos.

3. UM RESUMO SOBRE AS TEORIAS DAS FALHAS ESTÁTICAS

Para precaver as falhas em peças mecânicas, precisamos estudar as devidas teorias de falha. E como tudo têm um começo, iniciaremos, descrevendo as teorias de falhas estáticas. A maioria das falhas vista em indústria não ocorre de maneira estática, mas sim com cargas dinâmicas, que variam ao decorrer do tempo. No entanto, não tira o mérito do estudo dessa teoria que é fundamental para o entendimento do comportamento dos materiais utilizados em peças mecânicas.

Essa teoria é fundamentada na divisão de duas classes de materiais. Esses materiais são classificados em dúcteis e frágeis. Ao ocorrer a falha com carregamento estático, podemos notar a distinção dos dois tipos de matérias. Materiais dúcteis escoam até o ponto de ruptura. Ao contrário disso, os materiais frágeis apenas rompem, com uma mínima deformação, abaixo dos 5% ou mesmo sem nenhum tipo de escoamento perto da falha. Salientando o que foi descrito a poucos, Dowling (2013, p.271) diz “...materiais que se comportam de um modo tipicamente dúctil têm, usualmente, a sua utilidade limitada pelo escoamento. Por outro lado, aqueles que normalmente se comportam de uma forma quebradiça são geralmente limitados pela fratura.”

Partindo da premissa dessa divisão de materiais, agora podemos saber como prevenir essas falhas estáticas, com suas devidas teorias. Primeiramente iremos descrever as teorias que englobam as falhas estáticas em matérias dúcteis.

3.1 Teoria da energia de distorção de von Mises-Hencky

Para entendermos essa teoria precisamos iniciar do princípio que o escoamento de um material ocorre, em visão microscópica, pelo deslizamento dos átomos em sua estrutura cristalina. Esse movimento é provocado pela tensão de cisalhamento e, de acordo com Urugal (2015, p.315) “Essa teoria prever que a falha por escoamento ocorre quando, em qualquer ponto no corpo, a energia de distorção por unidade de volume em um estado de estresse combinado torna-se igual ao escoamento em um teste de tensão simples.” Simplificando essa afirmação, podemos entender que, a teoria de von Mises-Hencky prever que uma peça vai falhar quando a tensão estática aplicada, for igual ou superior ao limite de escoamento do material.

Essa teoria é demonstrada graficamente, como uma elipse. Que ilustra em seu interior as combinações de tensões biaxiais seguras contra o escoamento sob carregamento estático. Portanto, se no caso, a combinação de tensões biaxial estive fora dessa elipse, a peça estudada encaminha-se para a falha por escoamento com carregamento estático.

Para um bom projeto é necessário estabelecer o coeficiente de segurança. E segundo essa teoria o coeficiente pode ser dado como a razão entre a tensão normal de escoamento sobre a tensão equivalente de von Mises, que nada mais é que uma combinação das tensões aplicadas na peça.

Outro ponto a se destacar é que se você tiver apenas uma tensão nesse corpo, o critério de falha por escoamento estático, é dado como $\sigma \geq S_y$. Se essa tensão for maior ou igual ao critério de falha, essa peça vai falhar por escoamento.

3.2 Teoria da tensão máxima de cisalhamento

Também chamada de critério de Tresca, a teoria da tensão máxima de cisalhamento afirma que a falha ocorre quando a tensão máxima de cisalhamento em uma região excede a tensão máxima de cisalhamento de um corpo de prova sob tração em escoamento (NORTON, 2013, p.252).

Essa teoria se trata de uma versão mais conservadora da anterior, pois, graficamente se trata de um hexágono sobreposto na elipse citada anteriormente. Devido a isso, é incompleto a percepção do conservadorismo dessa teoria.

O critério de falha para essa teoria, é que se a combinação de duas tensões principais



estiver dentro da área dessa figura geométrica o corpo não se dirigirá a falha, mas se o estado combinado de tensões estiver pelo menos na borda do hexágono haverá escoamento, portanto, falha. Para aferir a segurança dessa teoria, podemos obter o coeficiente de segurança dela, que é encontrado pela razão da tensão de cisalhamento no escoamento sobre a tensão máxima de cisalhamento.

Essa teoria tem bons resultados quando é empregada em estudos com materiais dúcteis. No entanto, como já foi citado nesse artigo a teoria de von Mises é a mais precisa entre essas duas. E Urugal (2015, p.313) afirma isto, quando diz em seu livro que “... o máximo critério de distorção, é recomendado por esta mais atualizado com dados recentes sobre escoamento em materiais dúcteis.”

Por via das dúvidas, tanto a teoria da energia de distorção como a teoria da máxima tensão de cisalhamento são critérios de falha aceitáveis no caso de carregamento estático de materiais dúcteis, homogêneos e isotrópicos, cujas resistências à tração e à compressão são da mesma magnitude (NORTON, p.255, 2013).

3.3 Teoria de falha de materiais frágeis sobre carregamento estático

Em se falando de carregamento estático os materiais frágeis se comportam diferente dos dúcteis, logo sua falha ocorre sem escoamento. Um ponto essencial para se diferenciar um material dúctil de um frágil é olhar os círculos de Mohr. Nele você pode perceber que, em um material frágil não uniforme o círculo de limite de compressão é maior que o de tração. Que é explicado por haver falhas microscópicas na peça que, quando sofre cargas de tração, servem como estopim para a criação de trincas na mesma. Assim, favorecendo a falha sobre tração. E quando recebem cargas de tensão de compressão, essas falhas microscópicas são comprimidas, assim aumento a resistência ao deslizamento molecular da peça. Fazendo com que a peça seja mais resistente a compressão. Em contrapartida, temos os materiais frágeis uniformes que têm seus limites de compressão e tração iguais.

3.3.1 Teoria de Coulomb-Mohr

A teoria de Coulomb-Mohr é usada para prever os efeitos dos estados de tensão sobre um material frágil. Com os círculos de Mohr, essa teoria ajuda a prevenir falhas, sobre carregamento estático, em materiais frágeis. Se a tensão aplicada passa ou uniu, com as linhas das barreiras de contenção dos círculos de limite de tensão a falha ocorrerá. Podemos separar as fórmulas da teoria de Coulomb-Mohr de duas formas, quando os sinais das tensões aplicadas forem diferentes e quando forem iguais. Se essas tensões forem de tração e compressão, sinais opostos. A fórmula para determinar o fator de segurança nessa teoria é expressa como:

$$\frac{\sigma_1}{S_u} - \frac{\sigma_2}{|S_{uc}|} = \frac{1}{N}$$

Onde:

S_u é o limite de tração do material.

S_{uc} é o limite de compressão do material.

Dessa forma, conseguimos comprovar matematicamente essa teoria, pois se a tensão σ_1 e σ_2 forem maiores que os limites de tensão, o fator de segurança irá ficar abaixo de 1, inviabilizando a peça. Logo, sucederá fratura.

3.3.2 Teoria de Mohr modificada

Agora iremos descrever a teoria de Mohr modificada que é recomendada para materiais frágeis não uniformes. Na teoria de Mohr modificada, se temos $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq 0$ a equação que vai expressar o fator de segurança é:

$$\sigma_1 = \frac{S_u}{N}$$

E se $0 \geq \sigma_1 \geq \sigma_2$, temos:

$$\sigma_1 = -\frac{S_{uc}}{N}$$

Descritos essas duas condições, temos que gera a equação de Mohr modificada. Se $\sigma_1 \geq 0 \geq \sigma_2$, constituímos:

$$N = \frac{S_{ut}|S_{uc}|}{|S_{uc}|\sigma_1 - S_{ut}(\sigma_1 + \sigma_2)}$$

Se o estado de tensão estiver no quarto quadrante, a segunda e a terceira equação, devem ser verificadas e o menor coeficiente de segurança deve ser usado (NORTON, p.261, 2013).

4. SÍNTESE NO ÂMAGO DA TEORIA DE FALHA POR FADIGA

Como já foi dito, as falhas por fadiga são de sua grande maioria a causadora de perdas em peças mecânicas. Portanto, isso nos leva a vê a importância do dano monetário para as empresas. Reed (1983), relata os custos causados por esse tipo de falha em um estudo, que:

“No ano de 1982, o custo total foi estimado em US\$ 119 bilhões por ano (Cento e dezenove bilhões de dólares por ano), cerca de 4% do produto nacional bruto (PIB)... Os custos estão principalmente associados às indústrias de transporte e construção: veículos automotores, aeronaves e construção de residências e construções não residenciais. As estruturas metálicas contribuíram com custos substancialmente maiores do que as estruturas não metálicas. Uma porcentagem maior desses custos foi gasta na prevenção de fraturas do que na ocorrência de fratura.”

Além dos custos materiais, a vida humana é outro ponto a se colocar em destaque. Vários acidentes com aeronaves compravam isso, como o caso do primeiro avião a jato, o inglês Comet. Graças as suas janelas em formato quadriculado, trincas foram sendo criadas em seus cantos perpendiculares, causando o acidente. Pois, todas as falhas por fadiga acontecem graças a deformações microscópica no material, pequenos defeitos na estrutura desse material fazem com que a falha aconteça (FISHER, YEN, 1972). Geralmente as trincas em peças mecânicas se dão em contornos acentuados nessas peças. E com esses estudos podemos descrever como o mecanismo da falha por fadiga acontece.

- **O estágio inicial da trinca**, que é quando, por exemplo, um material dúctil manufaturado sem nenhum tipo de entalhe em sua superfície é carregado dinamicamente.

mente e essas cargas superam o limite de escoamento desse material. As trincas microscópicas vão se deformar plasticamente, se entrelaçando com mais trincas microscópicas até formarem uma só trinca visível a olho nu. Em outro caso, se uma peça com entalhes em sua superfície for carregada dinamicamente, havendo concentração de tensão nessa região do entalhe, pode ocorrer deformação plástica localmente graças a essa concentração de tensão, nesse caso a carga não necessariamente precisa ultrapassar o limite de escoamento do material.

- **O estágio de propagação da trinca**, ocorre quando o entalhe pontiagudo em uma peça começa a sofrer oscilações de tensões de tração, fazendo com o que essa trinca gere estrias maiores na peça. A única tensão causadora da falha por fadiga é a de tração visto que, o crescimento da trinca se deve a tensões de tração e a trinca propaga-se ao longo de planos normais aos de tensão máxima de tração (NORTON, Robert L., 2013, p.307). Ainda em seu livro Norton (2013, p.307), completa dizendo que, “é por essa razão que as falhas por fadiga são consideradas falhas devido a tensões de tração, mesmo que tensões de cisalhamento iniciem o processo em materiais dúcteis”.
- **Ruptura repentina ou Fratura**, acontece logo após a trinca crescer substancialmente até chegar ao ponto que o fator de intensidade de tensão se iguale com a tenacidade à fratura do material, ocorrendo uma falha repentina e catastrófica no próximo ciclo de trabalho.

Budynas (2006, p.290) afirma em seu livro que a existência de irregularidades ou descontinuidades, como furos, ranhuras ou entalhes, em uma peça aumenta significativamente as tensões teóricas na descontinuidade. Logo há a necessidade de utilizasse os fatores de concentração de tensão K_t . Todavia, como estamos falando de falhas por fadiga há a necessidade de modificar esse fator de concentração de tensão dependendo da sensibilidade do material. Esse fator de concentração de fadiga é o resultado do envolvimento da sensibilidade ao entalhe do material e o fator de concentração de tensão.

Para sabermos qual há trinca que iniciou a falha ou ruptura de uma peça, precisamos observar a região da falha. Através de estudos, os cientistas puderam notar um padrão de ondas que se formavam ao redor das trincas causadoras de falha. E assim, pode-se saber qual trinca era a originadora da falha. A **Figura 1** nos mostra essas ondas formadas ao redor da trinca, indicada pela seta, que iniciou a falha.

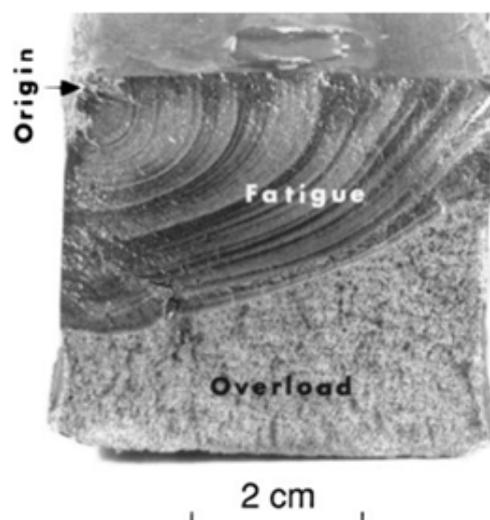


Figura 1 - Peça de aço com 18% de Mn que sofreu uma falha por fadiga

Fonte: DOWLING (2013, p.439).

Outro tópico importante que podemos citar aqui nesse artigo é sobre os regimes de fadiga, que se baseiam no número de ciclos de tensão ou deformação de uma peça ao decorrer de sua vida. Dependendo do valor, esse regime pode ser descrito como fadiga de baixo-ciclo (FBC) ou fadiga de alto-ciclo (FAC). Muitos estudiosos discordam do ponto que divide se o regime é de baixo ou de alto ciclo. Para Dowling (2013, p.423) a fadiga de alto-ciclo tem início nos 10^2 e vai até 10^4 ciclos de tensão/deformação. Dependendo do tipo de material. Budynas (2006, p.265) relata em seu livro que a fadiga de alto-ciclo começa em torno dos 10^3 ciclos de tensão/deformação e Madayag (1969, p.117) estabelece que a fadiga de alto-ciclo tem início nos 10^3 e vai até 10^4 .

Esses regimes de fadiga servem como base para os modelos de fadiga, que são divididos em três: tensão-números de ciclos, deformação-número de ciclos e mecânica da fratura linear-elástica (MFLE).

4.1 Como estimar a resistência à fadiga ou o limite de fadiga

Quando estamos falando de precaver a falha em peças mecânicas, o melhor a se fazer é criar protótipos que serão testados em condições reais de uso da peça a ser fabricada. No entanto, sem a possibilidade da prototipagem, é possível fazer uso de dados literários, que em conjunto com as teorias, servirão para projetar uma peça mais confiável.

O limite de fadiga (S_e) nada mais é do que o ponto em que o material suporta certos ciclos de tensões sem a ocorrência de falha na peça. O termo limite de fadiga é usado para representar a resistência para uma vida infinita somente para os materiais que apresentam essa grandeza característica (NORTON, 2013, 317).

No caso da resistência a fadiga (S_f) ela é dada para operações com vida finita que é abaixo de 10^6 ciclos. Por exemplo, ligas de alumínio não tem o limite de fadiga e apenas se estabilizam com a resistência a fadiga que é dada como sendo o valor médio da tensão de falha, em um total de ciclos de vida de $N = 5 \times 10^8$

Como a maioria dos dados disponíveis em literatura foram obtidos em laboratórios com ambiente controlado, houve a necessidade de trazer um valor mais aproximado desses limites de resistência à fadiga para ambientes reais de funcionamento do projeto. Logo, foi elaborado alguns fatores de correção para essas propriedades, que são: o fator de superfície, o fator de tamanho, o fator de carga, o fator de temperatura, o fator de confiabilidade e o fator de ambiente.

O produto desses fatores, junto com o limite de resistência à fadiga resultam em um limite de resistência a fadiga corrigido, que oferece ao engenheiro um valor mais adequado da resistência a fadiga do material estudado.

4.2 Como prevenir as falhas por fadiga

Um método muito utilizado para evitar a falha por fadiga é a utilização de tensões residuais. Segundo Norton (2013, p.347), “um bom projeto requer que o engenheiro procure utilizar as tensões residuais para, no mínimo, não criar efeitos negativos na resistência e, preferivelmente, criar efeitos positivos”.



Como já foi apontado, as falhas por fadiga acontecem graças as tensões de tração aplicadas na peça. Logo, a utilização de tensões residuais de compressão é um bom método para aumentar a vida sobre fadiga da peça.

Os tratamentos mais utilizados para a atribuição das tensões residuais de compressão são:

- **Tratamento térmico**, esse tipo de tratamento pode ser dividido em duas categorias, têmpera completa, que não é recomendada para prevenir falhas por fadiga, pois ela cria tensões residuais de tração e não de compressão e, têmpera superficial (Cementação, nitretação, chama), é a utilizada para reduzir os efeitos nocivos das tensões de tração localizadas. Prevenindo a fadiga.
- **Tratamentos superficiais**, dentre os métodos mais utilizados desse tratamento, estão o jateamento de esferas e a conformação a frio. Esse tratamento tem o objetivo de escoar o material com o intuito de criar tensões residuais de compressão para assim se somar a tração proveniente do serviço, prevenindo a fadiga excessiva.
- **Tratamentos mecânicos de pré-tensionamento** são mais utilizados para componentes mecânicos que sofrem tensões em apenas uma direção, um grande exemplo disso são molas de caminhão. Esse tratamento usa sobrecargas na mesma direção de uso da peça, para assim criar tensões residuais benéficas.

Esses tratamentos são mais efetivos com materiais que tem sua resistência ao escoamento alta. Essas tensões residuais aplicadas em peças com matérias com o limite de escoamento baixo tendem a ignorar esses tratamentos ao decorrer do tempo, devido as tensões contrárias aplicadas em serviço. Faires (1965), comprovou isso em um estudo com aços que tinha seu limite de escoamento menor que 551 Mpa. Os resultados iniciais foram positivos, no entanto, como descrito acima, o material foi perdendo os efeitos do tratamento ao decorrer do tempo. Outro estudo, agora de Heywood (1962), relatou que houve um efetivo aumento de 50% da resistência a fadiga em roscas de aço com alto limite ao escoamento.

5. UM APANHADO SOBRE AS FALHAS SUPERFICIAIS

Nesse último tópico desse artigo nós iremos falar sobre as falhas superficiais. Um breve resumo do que entendemos como falha superficial. Nos últimos tópicos descrevemos as falhas ocorridas graças ao escoamento ou ruptura, nesse vamos entender as falhas que acontecem devido ao desgaste. O desgaste por ser um termo amplo pode envolver vários tipos de falha, no entanto essas falhas estão sempre relacionadas com alterações na superfície da peça (NORTON, 2013, p.419). Logo, há uma correlação entre a geometria de superfície da peça com o desgaste e também, o atrito é um elemento importante em alguns casos.

5.1 Desgaste por adesão

O desgaste por adesão ocorre quando duas peças, independentemente se a superfície é rugosa ou não, entram em contato, e as asperezas contidas em suas superfícies começam a se aderirem ou se juntarem criando ranhuras na superfície de contato.

Quando estamos falando de adesão de materiais, a compatibilidade metalúrgica en-

tre eles é algo importante a ser estudado. Segundo Norton (2013, p.427) “a compatibilidade metalúrgica entre dois metais é definida como a alta solubilidade mútua ou a formação de compostos intermetálicos”. A compatibilidade além de estudada têm que ser evitada, pois queremos aqui a incompatibilidade entre os materiais. Davies (1961, p.7) relata as condições para que os metais possam deslizar um sobre o outro com intensidade de arrancamento de material relativamente baixa, isso na incompatibilidade metalúrgica. Essas condições são:

- Os metais devem ser insolúveis um no outro, com nenhum dos materiais sendo dissolvido no outro nem formando uma liga com ele.
- Ao menos um dos materiais deve participar dos elementos a direita da coluna Ni-Pd-Pt na tabela periódica.
- Em casos que só temos a possibilidade de colocar matérias compatíveis para trabalhar em conjunto, deve-se empregar líquidos lubrificantes entre essas peças para evitar a falha superficial de desgaste por adesão.

5.2 Desgaste por abrasão

O desgaste por abrasão ocorre entre dois corpos ou três, em que um desses corpos tem propriedades mais dúcteis, que promove a perda de material através do contato com outro material mais duro. A abrasão pode ser boa em alguns casos, como na abrasão controlada e, ruim, como na abrasão não controlada. Nesse último caso, um exemplo que pode explicar melhor o desgaste por abrasão é em operações que envolve movimentação de terra. Uma máquina que opera na retirada de terra sofre abrasão nas capas dente de sua pá, por isso eles são removíveis para substituição.

Para escolher um bom material resistente a abrasão, uma característica que fica em foco é a dureza, no entanto, matérias com alta dureza remete a materiais mais frágeis, logo quebradiços. Então, deve-se empregar uma dinâmica entre a dureza e a resistência a fadiga ou impacto.

5.3 Desgaste por corrosão

O desgaste por corrosão ocorre devido a movimentos de deslizamento ou rolamento entre dois corpos, em meio corrosivo. Isso se deve a quebra de camadas de oxido em algum dos corpos pelo outro corpo, assim expondo ainda mais material do primeiro corpo, à corrosão.

Podemos citar aqui também os efeitos negativos que têm a corrosão nos dois regimes de tensão, a estática e a dinâmica. Segundo Norton (2013, p.435) “a combinação de tensão e meio corrosivo tem um efeito sinérgico e o material corrói mais rapidamente do que se não estivesse sob tensão”. Isso nos implica que para uma peça projetada para um meio corrosivo, que receberá cargas dinâmicas ou estáticas, o seu material deve ser bem estudado para evitar a falha por corrosão tensional. Em regime de fadiga, a corrosão ajuda a ter um crescimento rápido de trincas.

Outro tipo de corrosão muito importante é a corrosão por microabrasão, que ocorre devido à pequenos movimentos entre duas peças que são projetadas a serem rígidas uma com a outra, mas devido, por exemplo, a vibração, cria esses pequenos movimentos que vão gerar corrosão. Estudos indicam que a “microabrasão possa ser uma combinação en-

tre a adesão, abrasão e corrosão” (LIPSON; COLWELL, 1961, p. 236-251).

Um bom indicativo que estar havendo movimentos entre duas peças é a microabrasão. Se duas peças projetadas para serem rígidas uma com a outra, estão gerando pó de corrosão ou outro indicativo de microabrasão, podemos comprovar que, ali está havendo algum tipo de movimentação e que uma das peças está se desgastando a cada ciclo.

5.4 Fadiga superficial

O mecanismo da fadiga superficial é dado a duas peças que interagem entre si por rolamento puro, ou com uma pequena porção de deslizamento em conjunto com o rolamento. Os desgastes visto anteriormente ocorrem devido a deslizamento puro o que difere da fadiga superficial.

As tensões de contato muito elevadas, em conjunto com pequenas áreas de contato, agem causando falhas por fadiga do material, após milhares de ciclos de tensões repetidas (NORTON, p.471, 2013). Dentre essas tensões aplicadas, a tensão de cisalhamento é que cria as trincas na superfície e logo em seguida essas trincas vão ocasionar em falha por crateração. Que é entendida pela remoção de pequenas porções de material da superfície da peça.

O lascamento ocorre logo após a superfície da peça se comprometer devido a crateração. Grandes pedaços de material começam a se separar da peça no lascamento. Norton (2013, p.471) aponta que para um projeto adequado contra a fadiga superficial, requerem-se materiais com alta resistência e com bons acabamentos superficiais.

5.5 Como evitar as falhas superficiais

A escolha adequada do material que será usado em um projeto para evitar a falha superficial é importante, portanto, materiais com alto índice de dureza superficial reduzem o desgaste por adesão e abrasão e também a fadiga superficial. Além de propriedades, o acabamento superficial é muito importante e deve ser colocado em pauta.

A lubrificação é outro ponto importante. O uso de lubrificante hidrodinâmicos ou hidrostático é louvável para algumas situações. Se há a possibilidade de usar lubrificante, use.

A lubrificação marginal é menos desejável, mas muitas vezes é inevitável. Se ela for usada, um lubrificante EP pode reduzir significativamente o desgaste por adesão, ao custo de algum desgaste por corrosão.

A limpeza é significativa contra a contaminação da junção entre duas peças. No caso da abrasão e adesão, a contaminação externa é um grande estopim para esses desgastes. Isto posto, manter a peça limpa é muito importante. Em casos de mancais e juntas, a vedação é uma boa técnica para evitar a contaminação.

Peças que tem tensões concentradas tendem a falhar mais cedo ou mais rapidamente, por isso, é notável a minimização de concentração de tensões, especialmente em carregamentos dinâmicos. O uso de material menos endurecido para, assim, aumentar a região de contato e por consequência reduzir as tensões em fadiga superficial. E outro ponto é evitar ambiente corrosivos, pois a corrosão aumenta a fadiga na peça.

6. CONCLUSÃO

Levamos a conclusão de que todas essas teorias se tratam em retratar uma forma de limite para evitar a falha. Principalmente, quando descrevemos as teorias de falhas estáticas. Isto posto, essas teorias oferecem um dado, que se seguido a regra, serve como propriedade principal para estar evitando a falha em uma determinada peça mecânica. Se caso ultrapassado, a peça vai falhar. Ou caso, escolhida propriedades abaixo, um mau uso de recurso.

Além de um dado teórico limitante, nas teorias de falha por fadiga, alguns autores citam tratamentos que servem para prevenir a falha em peças, em regime de fadiga. Como, tratamentos térmicos, tratamentos superficiais e tratamentos mecânicos. O que nos levou ao o objetivo principal desse artigo.

E por fim, as falhas superficiais foram apresentadas de forma breve, no entanto, foi possível concluir que elas ocorrem devido há movimentos entre duas peças e, esse movimento em conjunto com outros fatores, como ambiente, geram a corrosão por exemplo. E para prevenir essas falhas superficiais devemos escolher materiais apropriados, lubrificantes apropriados e realizar a limpeza adequada.

Referência

- BUDYNAS, Richard; NISBETT, J.Keith. **Shigley's Mechanical Engineering Design**. 8.ed. Nova York: McGraw-Hill, 2006.
- DAVIES, R., LIPSON, C., **Handbook of Mechanical Wear, Compatibility of Metal Pairs**, University of Michigan Press, 1961.
- DOWLING, Norman E. **Mechanical Behavior of Materials: Engineering Methods for Deformation, Fracture, and Fatigue**. 4.ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2013.
- FAIRES, Virgil Moring, **Design of machine elements**, Macmillan Coll Division, 1965.
- FISHER, J. W., YEN, B. T., **Safety and Reliability of Metal Structures: Structural Details and Discontinuities in Steel**, ASCE, 1972.
- HEYWOOD, Roland Bryon. **Designing against fatigue of metals**. John Wiley & Sons, Incorporated, 1962.
- LIPSON, C., COLWELL, L. V., **Handbook of mechanical wear: wear, fretting, pitting, cavitation, corrosion**. University of Michigan Press, 1961.
- NORTON, Robert L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- REED, R. P., SMITH, J. H., CHRIST, B. W., **Economic effects of fracture in the United States Part 1**, A synopsis of the September 30, 1982 report to NBS by Battelle Columbus Laboratories, United States, 1983, Web.
- URUGAL, Ansel C. **Mechanical Design of Machine Components**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

22

A IMPORTÂNCIA DA VEDAÇÃO NA PREVENÇÃO DE FALHAS POR VAZAMENTOS

*THE IMPORTANCE OF SEALING IN THE PREVENTION OF
FAILURES DUE TO LEAKS*

Francklin Galvão Rocha

Resumo

A vedação tem um papel fundamental e de extrema importância na indústria, pois tem como objetivo manter a lubrificação do componente prolongando sua vida útil. O conhecimento dos componentes vedantes e suas aplicações se faz necessário para garantia e integridade dos lubrificantes, como forma de prevenir paradas indesejadas e aumentar a confiabilidade dos equipamentos em um processo produtivo. Nesse sentido este trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da vedação no contexto industrial mecânico na prevenção de falhas, destaca os Tipos de vedações e aplicações. Aponta as possíveis causas de vazamentos, assim como a Lubrificação e ganhos na produção. A metodologia utilizada foi uma pesquisa descritiva de revisão bibliográfica em que se registra e descreve os fatos observados sem interferir neles. Na análise diversos estudos foram realizados, apontando a importância e a necessidade de uma manutenção preventiva, é imprescindível que se tenha um bom conhecimento dos componentes vedantes, aplicabilidade, correta montagem e uma boa inspeção, antecipando o problema e evitando uma parada inesperada que comprometa a produção. Obtendo um resultado duradouro para todo sistema, demonstrando que uma análise de forma criteriosa sobre uma falha traz resultados positivos.

Palavras-chave: Desgaste. Lubrificação, Vida Útil.

Abstract

The seal has a fundamental and extremely important role in the industry, as it aims to maintain the lubrication of the component, prolonging its useful life. Knowledge of sealing components and their applications is necessary to guarantee the integrity of lubricants, as a way to prevent unwanted downtime and increase the reliability of equipment in a production process. In this sense, this work aims to demonstrate the importance of sealing in the mechanical industrial context in preventing failures, highlighting the types of seals and applications. It points out the possible causes of leaks, as well as Lubrication and gains in production. The methodology used was a descriptive research of bibliographic review in which the observed facts are registered and described without interfering with them. In the analysis, several studies were carried out, pointing out the importance and the need for preventive maintenance, it is essential to have a good knowledge of the sealing components, applicability, correct assembly and a good inspection, anticipating the problem and avoiding an unexpected stop that compromises the production. Obtaining a lasting result for the entire system, demonstrating that a careful analysis of a failure brings positive results.

Keywords: Wear. Lubrication, Shelf Life.



1. INTRODUÇÃO

A vedação tem um papel fundamental e de extrema importância na indústria, serve para manter um lubrificante no interior de um componente mecânico aumentando assim a sua vida útil. Entende-se que os componentes mecânicos dinâmicos, para funcionar corretamente, necessitem de lubrificação constante entre as partes de contato, evitando assim o atrito, conseqüentemente o desgaste prematuro e até mesmo uma possível falha catastrófica.

Vazamentos devem ser evitados, assim como a contaminação do fluido lubrificante, para isso existem vários tipos, modelos e materiais que podem ser usados com a finalidade da contenção e blindagem dos conjuntos mecânicos, aumentando a confiabilidade e vida útil dos componentes. Compreende-se que um simples vazamento é um sinal de alerta para um conjunto mecânico e deve ser reparado de maneira imediata, pois pode provocar um mau funcionamento do equipamento podendo comprometer todo processo produtivo. A pesquisa se faz necessária para demonstrar de que forma a vedação é importante na prevenção de falhas dos componentes mecânicos.

A produção de conceitos e trabalhos acadêmicos sobre o tema ainda se torna insuficiente ao número de pesquisas, sendo este, encontrado mais em sites e artigos. Justifica-se assim o interesse acadêmico em procurar aperfeiçoamento e aprofundamento em pesquisas, a fim de agregar mais conhecimento sobre o tema para a área de engenharia mecânica.

Nesse sentido este trabalho tem como objetivo demonstrar a importância da vedação no contexto industrial mecânico na prevenção de falhas, trazendo como objetivos específicos os Tipos de vedações e aplicações, as Possíveis causas de vazamentos, Lubrificação e ganhos na produção. É importante destacar, que a elaboração deste trabalho foram utilizados métodos de revisões de literatura, pesquisa e embasamento de materiais, produzidos previamente por relevantes teóricos da área em que se discute o tema.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A Metodologia é a aplicação de procedimentos e técnicas que devem ser observados para construção do conhecimento, com o propósito de comprovar sua validade e utilidade nos diversos âmbitos da manutenção. Para a elaboração deste trabalho foi realizado uma pesquisa descritiva de revisão bibliográfica, foram publicações, com o intuito de colocar o pesquisador em contato direto com o objeto de estudo. Foi uma revisão direta da literatura sobre o tema, nas bases de coletas de dados variados, contendo artigos descritos no google acadêmico, assim como o site da Scielo, publicados com menos de cinco anos. Com a pesquisa de um livro do acervo da biblioteca da faculdade Pitágoras São Luís, publicado menos de dez anos.

Pesquisa descritiva é quando o pesquisador apenas registra e descreve os fatos observados sem interferir neles. Visa a descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis (PRODANOV e FREITAS, 2013). As palavras-chave utilizadas para pesquisa: Desgaste. Lubrificação e vida útil.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Tipos de vedações e aplicações

Componentes de vedação são elementos destinados a vedar um sistema mecânico de máquina ou dispositivo, impedindo ocorrências de vazamentos ou contaminação de fluidos lubrificantes, a integridade do elemento de vedação é fundamental pra o bom funcionamento do sistema.

Nas operações de manutenção, o mecânico de manutenção deve ter especial atenção aos elementos de vedação utilizados em máquinas, pois eles evitam vazamentos prejudiciais a máquina, ao meio ambiente e as pessoas (ALMEIDA 2014).

De acordo com o autor tão importante quanto o lubrificante em um conjunto mecânico, estão os elementos de vedação, pois sem eles não seria possível a permanência do lubrificante nas partes dinâmicas de contato e também o lubrificante ficaria vulnerável a contaminação. Vazamentos dependendo da proporção podem causar danos ao meio ambiente, por isso a importância dos cuidados e atenção para os componentes de vedação.

Conforme Almeida (2014), os elementos de vedação mais utilizados na área de manutenção industrial são: as juntas aplicáveis a superfícies ásperas ou com rugosidade média e de acordo com aplicação, são fabricadas em diversos materiais como papelão hidráulico, grafite, borracha, teflon, ligas metálicas e metais, feltro, cortiças, celeron e juntas especiais; os retentores, que são elementos de vedação utilizados em eixos ou árvores mecânicas montados em conjuntos mecânicos, conforme o tipo de equipamento, a temperatura, a pressão de trabalho e o tipo de fluidos, retentores são fabricados com características geométricas e materiais diferenciados; e as gaxetas que são elementos mecânicos utilizados para vedar a passagem de um fluido de um local para outro, podem ser de algodão, junta, asbesto, náilon, teflon, borracha, alumínio, latão e cobre, a escolha da gaxeta para cada tipo de trabalho deve ser feita com base em dados fornecidos pelos catálogos dos fabricantes como o material utilizado na confecção da gaxeta, dimensão da caixa, fluido líquido ou gasoso bombeado pelas máquinas, temperatura e pressão dentro da caixa, tipo de movimento da bomba, material utilizado na construção do eixo ou da haste, ciclo de trabalho da máquina, condições especiais da bomba.

A aplicação correta do vedante, depende de vários fatores que não pode ser negligenciado pelo mantenedor como, tipo de lubrificantes, temperatura de trabalho da máquina ou ambiente e superfície de montagem.

Ainda existem muitos elementos vedantes, com finalidades diversificada na mecânica, assim como o anel *oring* que tem um papel fundamental na vedação de fluidos e gases em peças dinâmicas ou estáticas.

De acordo com Silva e Coutinho (2021), os *orings* elastoméricos empregados com propósito de vedação, apresentam como função o bloqueamento ou fechamento à passagem de fluidos, na forma de líquidos ou gases. Mecanicamente o *oring* preenche as irregularidades do alojamento ou canal.

Como o nome próprio diz, o *oring* tem seção circular em forma de "O", é muito versátil em projetos que envolve vedação, tem flexibilidade, pode se alojar em canais de diversos formatos geométricos por ser fabricado a partir de materiais flexíveis como borracha, onde dependendo das propriedades, suportam altas temperaturas e corrosões pelo lubrificante.

2.2.2 Possíveis causas de vazamentos

As falhas na vedação podem ser evitadas para que não ocorra vazamentos prejudiciais para os componentes mecânicos. Com um bom conhecimento dos componentes vedantes, aplicabilidade, correta montagem e indispensavelmente uma boa inspeção, podemos antecipar o problema e evitar uma parada indesejada que comprometa a produção.

Algumas falhas nos retentores produzem efeitos característicos e suas possíveis causas são usadas para orientação e início de uma investigação de efeitos (ALMEIDA 2014), conforme quadro abaixo.

| | |
|---|---|
| Lábio do retentor apresenta-se cortado ou com arrancamento do material. | Armazenagem descuidada; má preparação do eixo; falha na limpeza; falha de proteção do lábio na montagem. |
| Lábio apresenta-se com desgaste excessivo e uniforme. | Superfície do eixo mal-acabada; falta de pré-lubrificação antes da montagem; uso de lubrificante não recomendado; diâmetro do eixo acima do especificado; rugosidade elevada. |
| Lábio com desgaste excessivo, concentrado em alguma parte do perímetro. | Montagem desalinhada ou excêntrica (alojamento/eixo); deformação nas costas do retentor por uso de ferramenta inadequada na montagem; retentor inclinado no alojamento. |
| Eixo apresenta desgaste na pista de trabalho do lábio. | Presença de partículas abrasivas; dureza do eixo abaixo do recomendado. |
| Eixo apresenta-se com marcas de oxidação na área de trabalho do retentor. | Falta de boa proteção contra oxidação durante a montagem e manipulação do eixo. |
| Lábio endurecido e com rachaduras na área de contato com o eixo. | Superaquecimento por trabalho em temperaturas acima dos limites normais; lubrificação inadequada (lubrificação não recomendada); nível abaixo do recomendado. |
| Retentor apresenta-se com deformações ou distorções no diâmetro, ou apresenta-se inclinado no alojamento. | Diâmetro do alojamento com mediadas abaixo do especificado; chanfro de entrada irregular com rebarbas ou defeitos; instalação com ferramenta inadequada. |

Quadro 1. Alguns dos defeitos mais comuns e possíveis causas de falhas em retentores

Fonte: Almeida (2014)

As falhas em componentes de vedação podem não levar uma parada imediata do equipamento, no entanto podem causar um mal funcionamento do conjunto mecânico, um vazamento pode comprometer a quantidade correta de lubrificante, aumentando o atrito entre as partes deslizantes, provocando aquecimento e desgaste prematuro, levando a uma possível falha futura.

Lima (2018) afirma que, os mecanismos de falhas mais comuns encontrados nos *orings* são: deformação permanente ou achatamento que é um problema ocasionado por canais mal projetados; utilização de diâmetro errado, após haver sido mantido comprimido um determinado tempo e a uma determinada temperatura.

Além da aplicação incorreta do *oring* como citada pelo autor, esse componente ainda pode sofrer falhas irreversíveis por mal uso ou erro de montagem, dentre elas destacam-se:

- Mordiscamento: esta falha é geralmente ocasionada pela extrusão de uma porção do material que ao ser deformado escoava e é expulso do canal sendo pressionado na junção das partes que serão vedadas (LIMA 2018).
- *Oring* partido: é a falha mais severa nesses materiais pois sua função é perdida em sua totalidade, ou seja, não ocorre mais vedação do sistema (LIMA 2018).

Os *orings* bem montados e bem assistidos pela manutenção, associados com a escolha correta do material para aplicação, evitam vazamentos e prolongam tanto a vida útil dos próprios *orings* quanto as peças do equipamento, por manter o lubrificante no interior da máquina.

De acordo com Zanzi (2022), a falha nas gaxetas evidentemente está diretamente relacionada com falta de estanqueidade. A determinação do que leva à falta dessa capacidade de vedação se obtém através das propriedades do material, e um conjunto delas caracteriza um critério de falha.

Desse modo as gaxetas, assim como qualquer equipamento, precisam de um plano de manutenção que consiste em inspeções periódicas e análises de falhas constantes, e também, precisam de acompanhamento para ajuste ou substituição quando se fizer necessário e ao final de sua vida útil.

2.2.3 Lubrificação e ganhos na produção

Segundo Silva (2021), a lubrificação é muito utilizada na indústria em todo mundo e para garantir que desempenhe seu papel, é muito importante a gestão nessa área, garantindo que seja aplicado o lubrificante certo, com a dosagem correta, cuidado e segurança recomendadas, evitando assim o desperdício.

Essa gestão é muito importante para a produtividade, quanto menos impactos de manutenção, mais rentabilidade para empresa. Por tanto uma boa gestão de manutenção nos equipamentos, diminuindo o desgaste de peças, vazamentos com desperdício de óleo e conseqüentemente uma possível contaminação do ambiente, é sinal de lucro.

O monitoramento das condições do óleo lubrificante dá-se pela análise de óleo lubrificante, através dessa técnica pode-se diagnosticar falhas precoces que ocorrem nos componentes internos das máquinas como rolamentos, engrenagem e retentores, que podem levar a parada inesperada da máquina, perda de produção, custos elevados de operação e lucro cessante, ferramenta essa que se torna útil na manutenção industrial e empregada para aumentar a confiabilidade do ativo (SILVA 2021, p 19).

Por tanto uma boa manutenção, seguindo de uma boa gestão, se torna indispensável em qualquer produção. A preditiva e a preventiva são grandes aliados para conservação dos equipamentos em linha, com paradas programadas evitando assim uma parada inesperada do equipamento em corretiva, onde muitas das vezes inicia-se por pequenos vazamentos ignorados ou mal resolvidos, chegando a diminuição da vida útil de peças e uma parada total do equipamento, o que é indesejável para o processo.

2.2.4 A importância da vedação na prevenção de falhas

Vazamentos em equipamentos mecânicos são sinais de alerta que não podem ser ignorado e devem ser tratados de forma imediata, pois colocam em risco os componentes dinâmicos internos, os mesmos podem aquecer e desgastar precocemente diminuindo

sua vida útil.

Souza e Colherinhas (2021) afirma que, a vida útil dos elementos mecânicos é, em grande parte, determinada pela qualidade e eficiência do sistema de lubrificação. Conforme cita o autor, os componentes de um equipamento para funcionar com confiabilidade, dependem de uma lubrificação de qualidade entre as partes de contato constantemente.

Para prevenção de falhas ocasionadas por esses fatores deve haver a utilização de sistema de vedação eficientes, substituição periódica de lubrificantes ou acompanhamento preditivo, manter os equipamentos constantemente limpos. A limpeza é uma atividade básica de manutenção (LIMA 2018).

Dessa forma, pode se promover um bom funcionamento do equipamento, garantindo aumento significativo da vida útil de peças e componentes e também a confiabilidade da máquina na linha de produção, sem vazamentos, sem paradas inesperadas.

Segundo Bastos, Ferraz e Vecchio (2016), como medida para minimizar os esforços resistentes ao movimento, os lubrificantes, sejam líquidos, sólidos ou gases, são introduzidos na região de contato. Então, o lubrificante em boas condições, ou seja, sem contaminação, na temperatura ideal de funcionamento e na quantidade correta, é imprescindível para um bom funcionamento de uma máquina para evitar o desgaste e possíveis falhas.

A lubrificação industrial é uma atividade de extrema importância para o setor de manutenção industrial, sendo a lubrificação responsável por manter as superfícies dos componentes mecânicos dos equipamentos em perfeito funcionamento inibindo os desgastes provenientes da rugosidade das superfícies que geram o atrito entre elas (AGOSTINHO et al., 2019, p 4).

Nessa linha, os elementos de vedação têm um papel fundamental para o sistema mecânico, os mesmos tem a função de reter o líquido dentro do conjunto e também não permitir que entre contaminação, deixando o lubrificante íntegro e com suas propriedades preservadas.

3. CONCLUSÃO

Na presente pesquisa concluiu-se que uma manutenção preventiva pode evitar inúmeras falhas e proporcionar resultados duradouros para os componentes mecânicos, deixando claro a importância dos elementos de vedação como papel fundamental para o sistema mecânico, haja que máquinas e equipamentos com componentes necessitam de lubrificação constante de qualidade e para isso necessitam de plano de manutenção baseado em análise de falhas, possivelmente para não colocar em risco a produção.

Verificou-se que o conhecimento do tipo de vedações e suas aplicações corretas são primordiais para o bom funcionamento do sistema, pois eles evitam contaminação de fluidos lubrificantes, impedindo ocorrências, vazamentos prejudiciais, a máquina, ao meio ambiente e as pessoas.

Foi observado que as possíveis causas de vazamentos, estão nas falhas de um bom conhecimento dos componentes vedantes, da aplicabilidade, da montagem correta, ou seja, uma boa inspeção de caráter preventivo. Essas falhas podem não levar uma parada imediata do equipamento, mas podem comprometer o funcionamento e levar a uma possível falha futura.

Observou-se que a lubrificação é muito utilizada na indústria em todo mundo e que

para obter os ganhos na produção e garantir que desempenhe seu papel, é muito importante uma boa gestão de manutenção dos equipamentos, importante para a produtividade, como o cuidado e segurança recomendadas, evitando desperdícios, quanto menos impactos mais rentabilidade para empresa.

Portanto concluímos que a vedação precisa ser assistida com competência e conhecimento para que evite falhas que possam causar impactos ao meio ambiente e na produção, fazendo necessário inspeções periódicas, obedecendo o limite de vida útil desse componente e manutenção especializada com base em análise de falhas para que a produção não seja afetada e o equipamento possa responder as expectativas em operação.

Referências

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica: industrial conceitos básicos e tecnologia aplicada**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014. 254 p.

AGUSTINHO, Everton Ramos de et al. **Importância da lubrificação como manutenção preventiva dentro do processo produtivo da indústria madeireira** v. 1 n. 2. 2ª ed. 2019. Disponível em: <<https://revista.camporeal.edu.br/index.php/pi/article/view/493>> Acesso em: 21 de Out de 2021

BASTOS, Flávia de Souza et al. Interação fluido- estrutura em um modelo de contato lubrificado entre aspereza e plano rígido. **Revista interdisciplinar de pesquisa em Engenharia**. 2016 Disponível em: <<https://periodicos.unb.br/index.php/ripe/article/view/21432>>. Acesso em: 21 de out de 2022.

LIMA, Hudson Magno Almeida. **Análise de confiabilidade de falhas através do FMEA em motores de partida pneumáticos de motores de ciclo otto turbinados e aspirados movidos s gás natural**. 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3054>>. Acesso em: 21 de Out de 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de: **E-book de metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**, 2ª edição, Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul: 2013. Disponível em <https://aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/291348/mod_resource/content/3/2.1-E-book-Metodologia-do-Trabalho-Cientifico-2.pdf> Acesso em: 10 de Out. 2022.

SILVA, Douglas Eduardo da. **Lubrificação industrial análise de óleo lubrificante**, 2021. Disponível em <<http://repositorio.aee.edu.br/handle/aee/18360>>. Acesso em: 21 de Out de 2022.

SILVA, Carlos Augusto; COUTINHO, Aparecido dos Reis. Avaliação da produção de anéis de vedação elástica: estudo de caso em uma empresa do setor automotivo. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento** [S. l.], v. 10, n. 8, pág. e16410817040, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.17040. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/17040>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SOUSA, Bruno Barbosa; COLHERINHAS, Gino Bertolluci. A contribuição da lubrificação em máquinas industriais: **Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias**. v. 6 n. 2. 2021. disponível em: <<http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/SINACEM/article/view/7413>>. Acesso em: 21 de out de 2022.

ZANZI, Mateus de Sousa. **Previsão do tempo de vida de gaxetas fabricadas em borracha de acrilonitrilo butadieno (nbr) utilizadas em trocadores de calor**. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/236915>>. Acesso em 21 Out de 2022.

23

LEAN MANUFACTURING APLICADO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

*LEAN MANUFACTURING APPLIED TO MAINTENANCE
MANAGEMENT*

Norberto dos Santos Oliveira

Renato Pinheiro Castro

Thalysson Oliveira Sampaio

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar qual é a contribuição do Lean Manufacturing aplicado à gestão da manutenção. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: Qual a contribuição do *Lean Manufacturing* aplicado à gestão de manutenção. A metodologia fundamenta-se em uma pesquisa de cunho qualitativo com pesquisa bibliográfica analisando as informações que foram coletadas. Com os resultados obtidos será possível evidenciar que a utilização desse sistema de gestão colabora para redução de custo, aumentam a qualidade e capacidade de produção sendo um processo importante para o sucesso das ações que visa contribuir para melhorias contínuas na empresa. Em considerações finais enfatiza-se o Lean Manufacturing é adequado para processos de gerenciamento de reparos, proporcionando melhor cadência de trabalho e níveis de serviço de reparo; redução de estoque; redução do número de paradas não planejadas para manutenção corretiva.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Gestão da manutenção, Desperdícios

Abstract

This work aims to analyze what is the contribution of Lean Manufacturing applied to maintenance management. Therefore, the question that guides this research is: What is the contribution of Lean Manufacturing applied to maintenance management. The methodology is based on a qualitative research with bibliographical research analyzing the information that was collected. With the results obtained, it will be possible to show that the use of this management system collaborates to reduce costs, increase quality and production capacity, being an important process for the success of actions that aim to contribute to continuous improvements in the company. In final considerations, it is emphasized that Lean Manufacturing is suitable for repair management processes, providing better work rate and repair service levels; inventory reduction; reduction in the number of unplanned stops for corrective maintenance.

Keywords: Lean Manufacturing, Maintenance management, Waste

1. INTRODUÇÃO

Para satisfazer as necessidades essenciais dos clientes e deixá-los satisfeitos com os resíduos gerados durante a produção e manutenção tem sido o objetivo de várias empresas em todo o mundo na situação atual. Este processo parte do estudo do mercado e da concorrência, passando pelo processo de fabricação e manutenção para atender as necessidades dos clientes. Todo o processo deve ser simplificado o suficiente para permitir que uma indústria ganhe uma posição em um mercado competitivo, maximizando os lucros aumentando a receita ou reduzindo os custos.

Para combater cada vez mais os desperdícios gerados durante a produção e manutenção, e para promover a melhoria contínua, o Lean Manufacturing, ou Lean Manufacturing, é utilizado em diversas empresas ao redor do mundo, com destaque para grandes organizações como a Toyota, que colaboram para difundir o conhecimento sobre a filosofia Lean Manufacturing.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá abordar sobre as a ferramenta *lean manufacturing* visa a cooperação e envolvimento dos vários níveis da empresa para resolução de problemas, planejando as atividades de reparo ou melhoria detalhadamente, analisando e corrigindo as falhas, contribuindo para o desenvolvimento e alcançando uma manutenção de qualidade.

Nota-se que para evitar o desperdício gerado durante a produção e manutenção, a melhoria contínua visa promover a manufatura enxuta, que é utilizada em diversas empresas ao redor do mundo e se destaca em grandes organizações. Portanto, as perguntas que norteiam esta pesquisa são: Qual a contribuição do *lean manufacturing* aplicado à gestão de manutenção?

No objetivo geral do presente estudo foi analisar a contribuição do *lean manufacturing* aplicado à gestão da manutenção. Além dos objetivos específicos que são caracterizar os macros processos associados à função manutenção e proceder à classificação das principais fontes de desperdício; avaliar o impacto da aplicação das ferramentas *Lean* na melhoria do desempenho dos processos de manutenção e demonstrar os benefícios alcançados por meio da implantação do sistema de gestão Lean Manufacturing.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Eletrônica de Engenharia Mecânica, Google Acadêmico e Scribd. Os critérios de exclusão: textos incompletos, artigo que não abordaram diretamente o tema do presente estudo e nem os objetivos propostos, foram consultados ainda diferentes documentos como: Livros, Teses, Artigos e Monografia: desde o ano 2010 até 2021. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 11 anos, na língua portuguesa.

2. MANUTENÇÃO

Manutenção é qualquer atividade destinada a manter os equipamentos em plena condição de operação para garantir a confiabilidade do processo e a segurança das operações realizadas. Uma boa manutenção deve garantir melhorias nos equipamentos, operação, desempenho e confiabilidade. Como resultado, as alterações de projeto e os ajustes nos sistemas de gerenciamento trabalham juntos para reduzir custos, melhorar a qualida-

de e a produtividade. Os programas de manutenção estratégica fornecem as ferramentas necessárias para aumentar a produtividade (MOTTER, 2012).

É a junção de todas as atividades técnicas, administrativas e gerenciais no ciclo de vida de um ativo destinadas a manter ou restaurar um estado em que possa desempenhar a função desejada. Ainda de acordo com a mesma norma, o gerenciamento da manutenção inclui todas as atividades de gestão, incluindo os aspectos económicos (NP EN 13306, 2017). Segundo Kardec e Nascif (2018) o departamento de manutenção tem objetivos de:

- Melhorar a disponibilidade;
- Aumento dos lucros;
- Melhorar a segurança dos trabalhadores e das instalações;
- Redução da demanda por serviços;
- Cortar custos.

De acordo com Santana (2018) a evolução histórica da manutenção está dividida por quatro fases a partir do século XX:

- Fase 01: De 1901 até 1914 a manutenção não tinha muita importância, não havia equipes dedicada e a indústria se esforçando para maximizar a produção das máquinas até que elas falhem ou parem permanentemente.
- Fase 02: De 1915 até 1930, ao contrário da primeira fase, este foi o período de “avaria-repara”, e por causa da Segunda Guerra Mundial, eles decidiram criar um departamento de manutenção, então não era apenas para corrigir a falha, mas para evitá-la.
- Fase 03: De 1940 a 1970, com o crescimento da aviação comercial, os padrões de manutenção preventiva se expandiram, pois é impossível realizar a manutenção corretiva em uma aeronave voando a toda velocidade.
- Fase 04 – De 1970 até aos dias de hoje, à medida que a indústria cresceu e os computadores se expandiram, softwares poderosos ficaram mais rápidos e a manutenção tornou-se parte de processos mais complexos, como controle e análise, usados diariamente.

A manutenção corretiva é uma ação para corrigir um mau funcionamento ou desempenho abaixo do esperado. Além disso, os autores categorizam a manutenção corretiva em: não planejada (corrigindo falhas aleatoriamente) e planejada (corrigindo desempenho para níveis abaixo do esperado) (PINTO; XAVIER, 2001). Para Xenos (2018), esse processo resulta em enormes custos para a empresa relacionados à manutenção das máquinas. O custo mais alto é quando a produção é interrompida, e o custo do tempo de inatividade da produção é ameaçado, bem como a qualidade do produto e o tempo necessário para entregá-lo ao cliente.

A manutenção preventiva é a manutenção realizada para reduzir ou prevenir a falha do equipamento. Para isso, utiliza-se o pré-planejamento, com intervalos bem definidos, independente da real necessidade, o objetivo será o cuidado preventivo para evitar falhas (MARÇAL, 2014). A manutenção preditiva é projetada para fazer ajustes em máquinas ou equipamentos apenas quando necessário, mas nunca falha ou para. Por meio do monitoramento direto e contínuo, é possível prever falhas e saber quando a intervenção é necessária (KARDEC et al., 2013).

A manutenção é uma combinação de ações técnicas, incluindo a verificação, visando a manutenção ou reparo do equipamento para que ele possa desempenhar sua função.



Kardec et al., (2013) definem manutenção como a garantia da disponibilidade dos equipamentos e funções das instalações para produzir processos e proteger o meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custo adequado. Segundo Marçal (2014), a manutenção existe para que o aparelho desempenhe a função para a qual foi projetado, levando em consideração o desgaste em seus órgãos causado pelo envelhecimento.

A manutenção pode desempenhar um papel importante na melhoria da produção, melhoria da organização e prevenção de problemas relacionados entre as várias partes de uma empresa, deixando de ser um mal necessário (MARÇAL, 2014). Para sobreviver em um mundo em mudança, as pessoas buscam melhorar os resultados e reduzir custos. Para tanto, todos os departamentos como manutenção devem fazer parte da estratégia da empresa, diretamente ligados à qualidade do produto.

Faria (2015) acredita que o principal objetivo de uma empresa é obter lucro, a diferença entre receita e despesas, os departamentos que geram receita são os departamentos de produção e marketing, e os departamentos de manutenção e compras são responsáveis pelas despesas. Devido a esses fatos, a direção da empresa não lhe dá a atenção que merece, principalmente quando se trata de manutenção.

O planejamento da manutenção é citado por Kardec (2018) como o pensamento estratégico e as ações que efetivamente integram as atividades de manutenção ao processo produtivo e promovem efetivamente a empresa ao bom sucesso empresarial. Nos dias de hoje em que vivemos, o departamento de manutenção não deve ser pensado como o departamento que faz os reparos, mas deve trabalhar com um processo de desenvolvimento de um plano de manutenção para que os equipamentos não quebrem. Os departamentos de manutenção devem ser considerados como parte do processo estratégico.

Segundo uma firma de Katz e Kahn (2008), as estratégias de manutenção estão relacionadas ao uso adequado de recursos físicos, humanos e financeiros para reduzir problemas e aumentar oportunidades. A estratégia deve ser sempre uma opção econômica viável e o mais original possível, tornando-se uma das melhores ferramentas da empresa para alavancar seus recursos. Como resultado, as empresas tornam-se altamente competitivas, superando seus concorrentes, reduzindo problemas e aproveitando as oportunidades que podem surgir.

Durante a produção, muitas vezes é adicionado à manutenção, neste caso chamada de manutenção descentralizada. A manutenção existe em quase todas as empresas e pode apresentar vários modelos de processos, modelos estruturais, modelos de direção, modelos de tipo de serviço, modelos de modelo operacional e, principalmente, modelos de processo de manutenção, que diferem entre si.

Segundo os autores Katz e Kahn (2008), a manutenção deve ser uma função estratégica, considerada prioritariamente por todos na organização. A manutenção deve ser considerada nos processos e estruturas do departamento para atingir as metas de crescimento e uma vantagem competitiva satisfatória. O processo de descentralização da manutenção deve ser bem estudado e apresentado a toda a equipe de produção e manutenção de forma estruturada, o acompanhamento da equipe é necessário para que a resistência a qualquer tipo de mudança não afete o sucesso do projeto.

Tavares (2014) cita “a manutenção pode ser dividida da seguinte maneira centralizada é o setor de manutenção é gerido por um supervisor responsável pela coordenação de todas as fases de manutenção, engenharia de manutenção, manutenção preventiva e preditiva. A descentralizada são os departamentos de manutenção são divididos em departamentos de fabricação, que são independentes, gerenciados pela produção e, na maioria dos casos, utilizados pelas empresas petrolíferas. Por fim, a mista é uma combinação de duas

formas de manutenção, centralizada e descentralizada. Na maioria das empresas, a divisão é engenharia de manutenção e manutenção de linha. Gerenciamento de manutenção organizar projetos de manutenção, técnicos de linha de produção de gerenciamento de produção.

A estrutura descentralizada foi pensada para aproximar a equipe de manutenção da equipe de produção, reduzir as perdas na linha de produção, encurtar a distância entre as unidades produtivas, melhorar o relacionamento com os trabalhadores, separar departamentos e gerar valor para a empresa. Kardec (2018) cita em geral, as empresas atuais buscam estruturas de manutenção mais enxutas, automação, setor de máquinas, juntarem os departamentos e esses fatores reduzem muito a mão de obra”.

2.1 Planejamento da Manutenção

Segundo Souza (2018), os controles devem seguir as seguintes diretrizes: comparar e calcular resultados obtidos com resultados planejados; definir documentação técnica e custos; mapear máquinas e equipamentos desatualizados.

Segundo Branco Filho (2008), as ordens de serviço são documentos em branco que servem como registros de prestação de serviços. Segundo Xenos (2015), a alma de toda gestão de manutenção é o planejamento. Assim, o primeiro processo a ser realizado é escolher a estratégia a ser utilizada, por exemplo:

- Recomendações do fabricante;
- Segurança do trabalho e meio ambiente;
- Características do equipamento;
- Fator econômico.

Após considerar e analisar os fatores acima, escolhe-se qual o melhor método de manutenção para cada equipamento e cada problema, sempre considerando a real situação do processo produtivo da empresa.

Pereira (2009) afirma que para que um plano de manutenção seja eficaz, deve-se seguir uma hierarquia de acordo com a tabela de cadastro de equipamentos conforme segue

- Processo;
- Equipamentos;
- Subprocessos;
- Peças.

Portanto, a primeira coisa a se fazer no planejamento parece ser investigar os componentes dos equipamentos e processos produtivos existentes na empresa (TAVARES, 2000). À medida que a tecnologia evoluiu e se desenvolveu, os departamentos de manutenção passaram a criar seus próprios procedimentos que facilitam o planejamento e controle da manutenção - PCM, o que facilita as recomendações dos gestores. PCM é um conjunto de ações para preparar, planejar e validar as atividades de manutenção (VIANA, 2010).

A ordem de manutenção é uma instrução escrita em formato escrito e eletrônico que define o trabalho que deve ser realizado para manutenção, ou seja, consiste na autorização do trabalho que ser realizado (CARVALHO et al., 2009). Os homens na manutenção, como tudo no mundo, sofreram várias mutações e evoluções para que os homens de hoje

tenham inteligência e habilidades para evitar e resolver problemas, ao contrário dos homens do passado que o faziam apenas com força física. manutenção necessária (CARVALHO, et al., 2009).

Dessa forma, o treinamento e a melhoria contínua tornam-se críticos em um ambiente de produção, principalmente considerando que, segundo Belhot e Campos (2015), o nível de formação do pessoal de manutenção afeta o bom aproveitamento em treinamento e alto custo e mão de obra intensiva.

2.2 Lean Manufacturing

O conceito de manufatura enxuta originou-se no Japão após a Segunda Guerra Mundial. O conhecido termo “Toyota Production System” nasceu na montadora Toyota quando o engenheiro Taiichi Ohno e seus colaboradores implementaram um método de gestão para competir com as montadoras americanas. O termo Lean foi introduzido no final da década de 1980 por pesquisadores do International Motor Vehicle Program (IMVP), que está associado ao Massachusetts Institute of Technology (MIT).

A manufatura enxuta é incorporada aos processos produtivos da empresa, complementando os avanços da Indústria 4.0. Com a automação de serviços em larga escala, a troca de dados e a transformação de etapas e processos de produção por meio de máquinas, inteligência artificial e computadores, a qualidade da gestão das operações torna-se ainda mais importante com o ritmo do progresso.

Santana (2018) afirma que os métodos Lean são sempre baseados em uma combinação de eliminação de desperdícios, engajamento dos funcionários e busca pela melhoria contínua. Mas para alcançar tal sucesso, precisamos de ferramentas para aplicar esta metodologia, as mais utilizadas são:

- KAIZEN: o método de melhoria contínua do sistema, implementando e revisando gradualmente as mudanças no sistema;
- JUST IN TIME (JIT): procure entregar a quantidade precisa dentro do prazo solicitado, nem muito cedo ou muito tarde - pois isso significa custos relacionados ao estoque - nem muito curto ou muito tarde, pois isso pode levar a impactos negativos nos prazos de entrega e problemas de custos relacionados à satisfação do cliente;
- 5S: A ideia do 5S começou no Japão, e seu objetivo não é apenas o produto, mas também o ambiente de trabalho. Definição Aceitável de 5. Uma definição aceitável para os 5 S's pode ser a seguinte: *Seiri* (Senso de Utilização), *Seiton* (Senso de Organização), *Seiso* (Senso de Limpeza), *Seiketsu* (Senso de Padronização), *Shitsuke* (Senso de Disciplina);
- SMED (*Single Minute Exchange Die*): um dos procedimentos enxutos que gera redução no desperdício no método de fabricação. Ele fornece uma maneira rápida e eficiente de alterar o processo de fabricação para que o produto atual execute o próximo produto. Essa rápida transição é essencial para reduzir os lotes de produção e, assim, aumentar os rendimentos;
- TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total): É um dos pilares da Manutenção Lean. Este é um movimento para otimizar a confiabilidade e eficácia de certos equipamentos. Com base no termo equipe, o TPM pretende envolver a manutenção proativa em toda a organização. O TPM integra todo o ciclo de vida de um sistema de produção e estabelece um sistema robusto definido

pela prevenção de todas as perdas. Consiste principalmente em fornecer a todos os envolvidos no processo o conhecimento para entrar em contato com os equipamentos para aplicar as intervenções de manutenção preditiva para obter um entendimento abrangente de como o trabalho será realizado e os benefícios.

Para Ohno (2017), o *Lean Manufacturing* visa projetar para eliminar todas as atividades que demandam tempo, custo e não agregam valor ao produto. Os autores também dizem que todo desperdício é um sintoma do problema, não a fonte do problema. Além disso, na manufatura enxuta, o desperdício deve ser eliminado e os empregos mantidos. A manutenção do trabalho garante a melhoria contínua, proporciona uma troca de experiência entre os colaboradores, que se desenvolvem em sua interação com o ambiente produtivo.

Segundo Santos (2019) a manufatura enxuta surgiu como uma forma de identificar e eliminar os desperdícios inerentes ao processo produtivo. Portanto, como o próprio autor enfatiza, as pessoas buscam retirar o excesso de “gordura” das atividades produtivas. Nesse contexto, Ferraz (2016) destaca sete desperdícios, que são:

- Superprodução: envolve superprodução ou produção muito antes do necessário, criando grandes estoques. Como resultado, na produção em massa, os defeitos não podem ser detectados imediatamente;
- Espera: Incluindo o tempo ocioso para os trabalhadores realizarem tarefas, peças que precisam de tempo para chegar ou entrar na linha de produção/manutenção, podem adicionar o mesmo tempo de processamento devido à inconsistência das informações para que possa chegar aos interessados no momento exato e nos detalhes adequados;
- Transporte: diz-se que quando a movimentação de pessoas e componentes é exagerada, ou seja, os melhores, mais curtos e mais curtos percursos não são tidos em conta. Espera-se que as fábricas de uma empresa sejam avaliadas para planejar métodos de transporte mais eficientes que não incorram em perdas de combustível e tempo ocioso para pessoas e peças;
- Processamento: ocorre naturalmente nas linhas de produção ou manutenção, caso os procedimentos e seleção de peças para manutenção e produção sejam insuficientes;
- Movimentação: Significa deslocamento maior do que o trabalhador ou máquina necessita, o que não agrega valor à empresa. Por vezes, um ambiente de trabalho desorganizado obriga o trabalhador a perder tempo e energia na execução das suas funções porque a deslocação é feita desta forma errada (que consome tempo);
- Estoque: isso acontece quando as matérias-primas e os produtos são estocados em excesso, resultando em aumento dos custos de manutenção. Além disso, o espaço ocupado por esses itens excedentes pode ser utilizado para outros fins que podem gerar valor para a empresa.

Segundo Ferreira (2014) kaizen é interpretado como a melhoria contínua do ser humano na vida familiar, social e melhoria dos processos de produção, manutenção e gestão. No local de trabalho, isso significa que a melhoria contínua envolve todos, de gerentes a funcionários, que devem colaborar uns com os outros.

A melhoria contínua de Santos (2019) assenta na colaboração de todos os colaboradores da empresa. Esse método ganhou importância depois que os japoneses o desenvolvem

ram, chamado Kaizen, para alcançar a melhoria através de uma revolução no trabalho e/ou através de pequenos ganhos diários que contribuem para o todo.

2.3 As contribuições e restrições do sistema Lean para os processos de trabalho das organizações

A ideia central de um sistema de produção enxuto é a formação de um mercado saturado relacionado ao consumo. Preços competitivos são imperativos. Para se manterem competitivas, as empresas tendem a planejar e otimizar custos para atender a diversificação do mercado global e as necessidades estabelecidas pelos clientes (LUSTOSA, 2018). Portanto, um sistema enxuto possui três características poderosas que o sustentam de outros sistemas de produção: planejamento eficiente de tarefas, controles para garantir que o plano seja executado corretamente e verificações para monitorar o cumprimento das metas. e normas para cada tipo de produto (SHINGO, 2016).

Liker (2015) garante que o Lean é como um organismo com existência própria. A sua cultura visa dar um contributo muito importante para o contínuo desenvolvimento e fortalecimento do negócio, proporcionando alternativas à organização e criando valor acrescentado para os clientes, a sociedade e a economia. Sua missão é contribuir para o crescimento intelectual de seus colaboradores por meio do aprendizado contínuo, da criatividade e do aprimoramento no trabalho em equipe, embora esses esforços exijam alto grau de comprometimento administrativo e operacional (HEIZER; RENDER, 2011).

Para Martins e Laugeni (2017), a implantação do sistema proporciona produtividade flexível e escalável para mudanças ao integrar ferramentas e técnicas de gestão mais eficazes. Além disso, Shingo (2016) afirma que encurta o ciclo de produção por meio da produção de pequenos lotes, minimiza o tempo de preparação do material e constrói a sincronicidade das peças para que os ciclos subsequentes possam cumprir os prazos.

Liker (2015) afirma que o Lean é excelente na execução, porém, alerta que pode ser oneroso se não for executado corretamente, pois é composto basicamente pela ideia de eliminar perdas e mudar a cultura organizacional. Porque se as premissas básicas não forem absorvidas por toda a empresa, tornarão o método ineficiente. Os resultados não podem ser expressos sem um planejamento cuidadoso, que exige que as empresas entendam suas próprias fraquezas, entendam as necessidades de seus clientes e desenvolvam sua cadeia de valor como um todo (LUSTOSA, 2018).

Neste caso, existem vários fatores que afetam negativamente o sistema *lean*, reduzindo assim a motivação de quem quer aplicá-lo: insatisfação com seus empregos, pensamento negativo sobre novas ideias e técnicas de produção, falta de responsabilidade nos locais de atendimento, falta de tarefa de planejar a planta de produção, joga fora a ideia do sistema e da cultura que ele propõe (MARTINS; LAUGERNI, 2017).

Para Heizer e Render (2011), nem todas as áreas e processos de uma organização podem se beneficiar do *lean*. Por isso, é importante pesquisar as necessidades da empresa e validar os objetivos de sua adoção, para não corresponder às expectativas e contaminar todo o projeto. Além disso, Liker (2015) afirmou que o sistema, quando implementado, cria insegurança e ansiedade quando os funcionários estão lidando com coisas novas que ainda não dominam e entendem. Por isso, é importante desenvolver treinamentos e empregar uma comunicação eficaz em toda a empresa, equilibrando as informações e minimizando a resistência ao novo.

Também não se pode ignorar que o sistema foi projetado para eliminar desperdícios

e minimizar o tempo de processamento, conforme explica Shingo (2016). A filosofia subjacente do *lean* transmite aos colaboradores que a produção enxuta reforça a forte eliminação de processos, o que rapidamente leva a suspeitas de que as pessoas também serão consumíveis, inúteis ou descartáveis dentro da empresa.

Após levantar e consolidar as informações por meio da análise dos documentos sobre *lean manufacturing* aplicado à gestão da manutenção. Nesta busca procurou-se destacar os principais achados sobre a temática pesquisada a partir das leituras do portfólio de artigos, monografias e livros selecionados referindo ao tema.

No intuito de demonstrar como a literatura tem descrito aplicação do *lean manufacturing* à gestão da manutenção, fundamentalmente é essencial apresentar ações obtendo elementos do produto ou serviço que são capacitados em desempenhar as obrigações e possibilidades dos clientes, elabora-se a continuação uma discussão em torno aos resultados encontrados pelos autores das dez pesquisas utilizadas como corpus para a elaboração da pesquisa.

Inicialmente, cabe apontar que a maior parte das pesquisas identificadas durante a coleta de material para elaboração desta pesquisa está relacionada com gestão de manutenção, sendo considerado um programa eficaz nos resultados do processo produtivo na organização.

Em estudo de Santana (2018), ele afirma que o PCM é uma atividade processual que visa coordenar efetivamente todos os recursos envolvidos na manutenção para atender suas necessidades primárias, mantendo as máquinas em perfeito funcionamento, visando a melhoria do processo... tem a função de informar o desempenho e as características dos equipamentos para fins de planejamento da produção, melhoria da capacidade produtiva etc.

Para Kardec et al. (2018), conforme explicado pelos autores acima, os controles devem seguir diretrizes, que incluem: comparar e calcular os resultados obtidos com os resultados planejados; definir documentação técnica e custos; mapear máquinas e equipamentos desatualizados. Marçal (2014) afirma que a gestão da manutenção é estratégica e visa: alcançar e manter a confiabilidade das atividades de execução; monitorar e avaliar o desempenho dos ativos considerando seu ciclo de vida; gerenciar os custos de manutenção.

Segundo Tavares (2014), o Lean Manufacturing é um método de identificação e eliminação de desperdícios inerentes ao processo produtivo. Portanto, como o próprio autor enfatiza, as pessoas buscam retirar o excesso de “gordura” das atividades produtivas. Santos (2019) afirmou que a disseminação da manufatura enxuta elevou as organizações a um novo padrão de desempenho, novos requisitos de gestão técnica, volumes de produção de peças e qualidade adequada dos produtos.

Lustosa (2018) afirma que garanto a confiabilidade e disponibilidade dos ativos para melhorar os recursos de manutenção e, à medida que os programas de tecnologia e qualidade aumentam, recursos humanos, produtos competitivos e programas de manutenção eficazes para ativos de produção são a base. Para o PCM, tem o papel de controlar, organizar e melhorar esses recursos, deixando o papel de ativos e ferramentas de manutenção. Shingo (2016) enfatiza definições sobre serviços, tarefas, cronogramas para operar uma organização; definições de tecnologias, ferramentas apropriadas e sua disponibilidade; e definições de pessoas responsáveis pelo planejamento de serviços.

No estudo de Liker (2015), procura-se entender que para alcançar cada vez melhores resultados, a função básica dos diversos departamentos da empresa deve proporcionar uma gestão eficaz da manutenção como função estratégica da organização, pois é responsável pela disponibilidade de ativos e tem A participação do capital é importante.



Ferreira (2014) afirma que a manutenção industrial é a causa do acúmulo excessivo de materiais, destruição de itens que levam à confusão e a criação de vários outros tipos de resíduos, como: retrabalho, superprodução, movimentação e transporte desnecessários.

Segundo Motter (2012), a gestão é um processo simultâneo de estabilização do dia a dia e implementação de melhorias. Nesse contexto, o Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) surgiu como uma forma de aplicar a gestão da manutenção. Pinto e Xavier (2001) explicam que esta manutenção se caracteriza pela percepção de anomalias do equipamento durante o processo produtivo e pela inspeção visual, lubrificação e limpeza pelo operador com base em sua experiência e treinamento.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de uma revisão bibliográfica e do estado do conhecimento, o presente trabalho tenta analisar a contribuição da manufatura enxuta para a gestão da manutenção. Após várias visitas a recursos de pesquisa, percebeu-se que em comparação com o grande número de pesquisas publicadas sobre manufatura enxuta em processos produtivos, a aplicação da manufatura na área de manutenção ainda é muito pouco explorada, e ao pesquisar este tema, alguns autores tendem a As linhas de produção que produzem bens de consumo adotam uma abordagem mais centralizada, o que não favorece as atividades de manutenção.

Como a manutenção envolve a prestação de serviços tanto para clientes internos (departamentos de produção) quanto para clientes externos (pessoas físicas etc.), a aplicação da manufatura enxuta pode trazer algumas melhorias no departamento de manutenção, que carece de um método específico para coordenar e disseminar métodos eficazes de redução de desperdícios. Assim como observado no Estado do Conhecimento, pequenos ajustes e iniciativas inspiradas nos conceitos Lean trouxeram resultados significativos na organização, proporcionando aos clientes melhor qualidade no atendimento e prazos de entrega, entre outros fatores.

A utilização de métodos de fabricação é utilizada de forma descentralizada na empresa, e como pode ser visto a partir do estado da pesquisa do conhecimento, as empresas utilizam algumas ferramentas enxutas para atingir seus objetivos.

Referência

- BELHOT, Renato Vairo; CAMPOS, Fernando Celso de. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. Revista Produção. v. 5, n. 2. São Paulo: ABEPRO, 2005.
- BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- CARVALHO, A. M. de et al. **Implantação de sistema informatizado para planejamento e controle da manutenção – Empresa Vileflex**. Governador Valadares: Universidade Vale do Rio Doce. Monografia. 91 p. 2009.
- ERRAZ, J. A. C. B. **Manufatura enxuta: o caso de Becton Dickinson**. Monografia submetida à coordenação de curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF, Minas Gerais, 2016. 42 f.: il.
- FARIA, A.C. **Gestão de custos logísticos**. Atlas.2015
- FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de manufatura em uma empresa de autopeças**. Taubaté: UNITAL, São Paulo, 2014. 178f.:il.
- HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de operações: bens e serviços**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2011.
- KARDEC, A et al., **Manutenção: função estratégica**. Qualitymark.2013

- KARDEC, A; NASCIF, J, **Manutenção: função estratégica**. Qualitymark. 2018
- KATZ, D. e KAHN, R. **Psicologia social das organizações**. Atlas.2008
- LIKER, J. K. **O modelo toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
- MARÇAL, R. F. **Gestão da Manutenção**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP). 2014.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- MOTTER, Osir. **Manutenção Industrial: O Poder Oculto na Empresa**. São Paulo: Hemus. 2012
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2017. xiii, 149 p.
- PINTO, A. K., XAVIER, J. A. N. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymak, 2001.
- SANTANA, André Genuino. **Aplicação da metodologia Lean Manufacturing à gestão da manutenção**. 2018. 13f (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Universidade FG, Refice, 2018.
- SANTOS, J. **Otimizando a produção com a metodologia LEAN**. Coleção Hemus Produção. São Paulo: Editora Leopardo, 2019, p 8-9.
- SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: 2016
- SOUSA T. A. Identificação das habilidades enxutas: um estudo exploratório em uma atividade de troca rápida de ferramentas. **Produto e Produção**, vo.I 16 n.3, p. 32-42, set. 2018.
- TAVARES L. **Administração moderna da manutenção**. Novo Pólo. 2014
- VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM: Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.
- XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Preventiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Desenvolvimento Gerencial. 2018.

24

A INDÚSTRIA 4.0 PARA A ENGENHARIA INDUSTRY 4.0 FOR ENGINEERING

Werliton Soares Pereira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O mundo está se desenvolvendo em velocidades diferentes, ampliando a distância entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, entre indústrias de ponta e outras, e é necessário entender oportunidades e riscos para criar vantagem competitiva. A necessidade de realizar tarefas de forma eficiente e eficaz sempre foi o ponto de partida para mudanças, e a engenharia tem papel relevante nesse contexto. Com o objetivo de discorrer sobre quais inovações a Indústria 4.0 trouxe para as organizações, esse artigo foi realizado por meio de Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva acerca do assunto e utilizou-se o Google acadêmico como base de dados da pesquisa. Concluiu-se através dessa pesquisa, que a revolução 4.0 trouxe uma série de evoluções e ganhos para a engenharia, não só na indústria, mas também na sociedade, a economia, os valores, a forma como nos relacionamos uns com os outros, como escolhemos produtos e serviços, comprando ou alugando, a economia do compartilhamento, inovação colaborativa, manufatura aditiva, redes sociais, plataformas digitais, e mais.

Palavras-chave: Sistemas, Indústrias, Pneumático, Processos, Movimento.

Abstract

The world is developing at different speeds, widening the gap between developed and developing countries, between leading and lagging industries, and it is necessary to understand opportunities and risks to create competitive advantage. The need to perform tasks efficiently and effectively has always been the starting point for change, and engineering plays an important role in this context. In order to discuss which innovations Industrie 4.0 has brought to organizations, this article was conducted through a qualitative and descriptive bibliographic review on the subject, using Google Scholar as a research database. It was concluded through this research that the revolution 4.0 brought a series of developments and gains for engineering, not only in the industry, but also in society, the economy, the values, the way we relate to each other, how we choose products and services, buying or renting, the sharing economy, collaborative innovation, additive manufacturing, social networks, digital platforms, and more.

Keywords: Systems, Industries, Pneumatic, Processes, Motion.



1. INTRODUÇÃO

A indústria passou por algumas revoluções ao longo dos anos. As três primeiras revoluções permitiram a inserção de motores a vapor, eletricidade e processos mecanizados, tudo isso provocou profundas mudanças no modo de vida e de consumo da sociedade. Por exemplo, na primeira revolução industrial (1760-1840), o trabalho não era mais feito à mão, mas passou a ser feito por máquinas. Desde então, as pessoas começaram a pensar no modelo de produção em massa (base da indústria moderna).

A segunda revolução (1850-1945) impulsionou o desenvolvimento das indústrias química, elétrica, petrolífera e siderúrgica, bem como avanços nos transportes e comunicações. A terceira revolução (1950-2010) foi marcada pela substituição gradual do maquinário analógico pelo digital, o uso de microcomputadores e a criação da Internet.

Surge então a Quarta Revolução Industrial (a partir de 2011) que começou a introduzir várias tecnologias inovadoras para toda a indústria e sociedade. Nessa perspectiva, este trabalho buscará responder ao seguinte problema: com a nova revolução em andamento, quais são as inovações da Indústria 4.0 na engenharia?

A fim de apresentar as diversas formas que essas revoluções alteraram o funcionamento e o pensamento dentro das organizações, esse trabalho propõe uma pesquisa onde o tema busca explicar a importância da Indústria 4.0, efetuando uma síntese das forças que fazem parte da ferramenta. Este projeto visa destacar a importância dessa revolução, de modo a refletir positivamente dentro da organização, seja de maneira interna ou externa. Por fim, quanto melhor for o resultado de uma empresa, mais destacados serão seus impactos na sociedade e na economia em geral.

Esta pesquisa discorre sobre como as novas tecnologias do sec. XXI afetam o ramo da engenharia mecânica e quais vantagens essas inovações podem trazer para as indústrias e organizações. Por fim, quanto maior for sua efetividade e eficiência, mais nítidos serão seus impactos na sociedade de forma positiva e na economia, gerando satisfação tanto para os clientes, quanto *stakeholders* e todos os envolvidos.

A indústria passou por algumas revoluções ao longo dos anos. As três primeiras revoluções permitiram a inserção de motores a vapor, eletricidade e processos mecanizados, tudo isso provocou profundas mudanças no modo de vida e de consumo da sociedade. Por exemplo, na primeira revolução industrial (1760-1840), o trabalho não era mais feito à mão, mas passou a ser feito por máquinas. Desde então, as pessoas começaram a pensar no modelo de produção em massa (base da indústria moderna).

A segunda revolução (1850-1945) impulsionou o desenvolvimento das indústrias química, elétrica, petrolífera e siderúrgica, bem como avanços nos transportes e comunicações. A terceira revolução (1950-2010) foi marcada pela substituição gradual do maquinário analógico pelo digital, o uso de microcomputadores e a criação da Internet.

Surge então a Quarta Revolução Industrial (a partir de 2011) que começou a introduzir várias tecnologias inovadoras para toda a indústria e sociedade. Nessa perspectiva, este trabalho buscará responder ao seguinte problema: com a nova revolução em andamento, quais são as inovações da Indústria 4.0 na engenharia?

A fim de apresentar as diversas formas que essas revoluções alteraram o funcionamento e o pensamento dentro das organizações, esse trabalho propõe uma pesquisa onde o tema busca explicar a importância da Indústria 4.0, efetuando uma síntese das forças que fazem parte da ferramenta. Este projeto visa destacar a importância dessa revolução,

de modo a refletir positivamente dentro da organização, seja de maneira interna ou externa. Por fim, quanto melhor for o resultado de uma empresa, mais destacados serão seus impactos na sociedade e na economia em geral.

Esta pesquisa discorre sobre como as novas tecnologias do sec. XXI afetam o ramo da engenharia mecânica e quais vantagens essas inovações podem trazer para as indústrias e organizações. Por fim, quanto maior for sua efetividade e eficiência, mais nítidos serão seus impactos na sociedade de forma positiva e na economia, gerando satisfação tanto para os clientes, quanto *stakeholders* e todos os envolvidos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O artigo foi desenvolvido através de um estudo literário com base na revisão bibliográfica, observou-se abordagens de autores relacionadas aos setores ligados a indústria 4.0, revolução industrial, organizações industriais e engenharia mecânica aplicada, de acordo com o tema de estudo em bibliotecas virtuais. O assunto estudado teve levantamentos com pesquisas executadas frequentemente no Google acadêmico, dispondo dos escritores de “Revoluções industriais” e “Indústria 4.0”, relacionados ao intervalo entre 2009 e 2022.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No decorrer das eras, a indústria passou por inicialmente por três industriais que possibilitaram a introdução de máquinas a vapor, energia elétrica e processos mecanizados nas fábricas. Se antes os engenheiros mecânicos apresentavam dificuldades em acessar dados precisos para elaborar seus projetos, atualmente, com a tecnologia 4.0, as informações são baseadas em sistemas inteligentes e eficazes. (SHALEV-SCHWARTZ; BEN-DAVID, 2014).

Stock e Seliger (2016) apresentam a ideia de que a Indústria 4.0 vem afetando diferentes setores de criação de valor: equipamentos, processos, produtos, organizações e pessoas. A combinação dessas mudanças traz benefícios, produtividade, investimento, demanda por produtos e crescimento da renda. Segundo Welcker (2017), as principais vantagens da Indústria 4.0 podem ser agrupadas em quatro áreas:

- **Produtividade:** Os produtos da máquina de conexão de rede e sistemas de produção ajudam a otimizar o uso recursos para tornar o sistema de produção mais eficiente;
- **Crescimento da receita:** com base no crescimento da receita A necessidade dos fabricantes de equipamentos melhorados e os aplicativos de dados aumentam devido à demanda preferencial do consumidor por produtos personalizados;
- **Empregabilidade:** expectativa de aumento na geração de postos de trabalho, mas vale ressaltar que isso exigirá competências diferentes, alguns trabalhadores são menos qualificados e podem ser substituídos por máquinas.
- **Investimento:** a previsão é que com a indústria 4.0 venham vários investimentos que irão alavancar a economia (WELCKER, 2017).

O impacto da Indústria 4.0 vai além da simples digitalização, passando por formas

mais complexas de inovação baseadas na combinação de múltiplas tecnologias, que vão obrigar as empresas a repensar a forma como gerenciam seus negócios e processos, e como posicionam seu valor na cadeia de suprimentos, considerando desenvolver novos produtos e trazê-los ao mercado, ajustando as atividades de marketing e distribuição (FUJIMAKI, 2020)

Os clientes não procuram por um produto, mas sim por uma experiência, consideram tudo ao comprar, desde embalagem, *branding*, atendimento ao cliente, serviço pós-venda, o que os outros dizem sobre o produto, o que o produto diz sobre si mesmo, como os outros consumidores compartilhar a experiência, mídias sociais, dentre outros. O que foi dito acima, são informações disponíveis para que você possa fazer escolhas conscientes com base em fatos e não apenas na intuição (FUJIMAKI, 2020).

Evoluímos da produção em massa para a customização em massa. A customização em massa é definida como a produção de bens ou serviços que atendam necessidades específicas e individuais a um custo menor, muito próximo ao custo da produção em massa sem customização, e só é possível com alto grau de agilidade e flexibilidade da empresa (FUJIMAKI, 2020).

Ao usar materiais novos e mais inteligentes, sensores que podem monitorar em tempo real, fornece estatísticas de desempenho e prevenir proativamente desvios da operação normal os serviços são aprimorados para maximizar sua utilização mesmo quando apresentam falhas, reduzindo o custo de propriedade e aumentando o valor percebido pelo cliente.

Para atingir esse nível de desenvolvimento e aproveitar todas as vantagens, um conjunto de tecnologias foi desenvolvido. A Indústria 4.0 originou-se na digitalização de processos, que, falando de outra forma, é o próximo estágio da automação tradicional, a Internet das coisas (IoT) é sistema que permite a criação de novas tecnologias para melhorar as atividades de trabalho, melhorando assim, a velocidade, flexibilidade, eficiência e qualidade. IoT é a razão pela qual as fábricas e cidades inteligente surgem, esse sistema está conectado através da Internet e ocorre de forma autônoma e integrada (POOLE; MACKWORTH, 2017).

Segundo Giusto *et al.* (2010), essa tecnologia permite que coisas e objetos, como sensores, atuadores e telefones celulares, interagindo cooperem entre si e com seus componentes adjacentes e inteligentes, para alcançar objetivos comuns.

De acordo com Lucas e Cols (2008) por derivar do modelo de fábrica os sistemas inteligentes funcionam por meio de sistemas que funcionam em segundo plano, chamados sistema sensível ao contexto. Eles ainda conceituam a consciência de contexto como um sistema considerando as informações no contexto do status de produção a localização da fábrica, como e onde o produto está na linha de produção. Esses sistemas executam suas tarefas usando dados que podem ser obtidos das seguintes fontes: dispositivos físicos, como sensores de localização ou sensores de mundo virtual ou documentação eletrônica de maquete.

O planejamento e controle da produção da fábrica é afetado por uma série de fatores e diversas variáveis que determinam a priorização da fabricação dos produtos. Bayazit (2004) em seu *Use of AHP in decision-making for flexible manufacturing systems* listou alguns desses fatores considerados durante a produção, são eles: satisfação do cliente; variedade de produtos; tempo de produção; tempo de preparação do maquinário; lucratividade; produtividade; disponibilidade de matéria prima.

Priore *et al.* (2018) conclui que a operação do sistema de fabricação chamada flexível,

baseada em aprendizado de máquina, é uma das armas da inteligência artificial, pois demanda muitos dados para treinamento, para modelar o problema e para resolver e testar dados para que o modelo possa verificar. Os autores ainda afirmam que, as informações podem ser obtidas a partir de dados históricos da produção em linha, inclusive por meio de simulação de desempenho e inteligência artificial.

A inteligência artificial é um campo científico que tem como síntese o objeto de pesquisa e comportamento inteligente de agentes computacionais (POOLE; MACKWORTH, 2017). Diz que o objetivo principal desta ciência está em compreender os princípios que tornam isso possível o comportamento inteligente em sistemas artificiais, através da análise de agentes, Formulação e testes de hipóteses na construção de agentes inteligentes (BAYAZIT, 2004).

Assim, a Engenharia Mecânica Industrial 4.0 gira em volta da procura por soluções que utilizem as máquinas e os equipamentos industriais como inovações tecnológicas. As melhores instituições de ensino superior da Engenharia Mecânica estão cientes dessas demandas e forma profissionais habilitados para atuarem nas organizações 4.0 (BAYAZIT, 2004).

As demandas atuais dos consumidores exigem soluções rápidas, inteligentes e personalizadas. Para atender a esses requisitos, o processo de produção requer tecnologia desde a coleta e análise de grandes quantidades de dados, até a tomada de decisões, o compartilhamento homem-máquina e o desempenho de dispositivos inteligentes e conectados (FUJIMAKI, 2020).

Um dos carros-chefes da Indústria 4.0 são os sistemas mecânicos que podem processar informações e realizar tarefas de forma automática, ou seja, sem supervisão humana direta. Isso pode ser alcançado por meio da inteligência artificial, que permite que as máquinas tomem decisões com base em cronogramas (FUJIMAKI, 2020).

Não à toa, a engenharia mecânica tem como tema algoritmos e lógica de programação. Dessa maneira, em vez de ter um funcionário habilitado manuseando as máquinas e equipamentos o tempo todo, as fabricas e organizações modernas utilizam parques fabris que quase funcionam sozinhos. Em consonância, através do aprendizado de máquinas (*Machine Learning*) os equipamentos conseguem identificar padrões e, dessa forma, aprender novas soluções por conta própria. (POOLE; MACKWORTH, 2017).

A robótica colaborativa é uma das maiores revoluções dos sistemas de produção, já que através dela são otimizados os processos e o fator humano é valorizado. O motivo disso, é que os robôs têm a capacidade de desempenhar tarefas repetitivas, sem que isso possa lhes oferecer riscos de lesões e livrando os funcionários de esforços repetitivos desnecessários (POOLE; MACKWORTH, 2017).

A inovação está em toda parte, desde transplantes de fígado produzidos por impressora 3D até IA (inteligência artificial), incluindo posições de tomada de decisão, cidades inteligentes, sistemas financeiros emergentes baseados em *bitcoin* e *blockchain* e muito mais (BAYAZIT, 2004).

Máquinas autônomas e robôs colaborativos não são suficientes: na Indústria 4.0, parques industriais inteiros são inteligentes e funcionam de forma integrada. Para isso, a palavra-chave é interoperabilidade, a capacidade de comunicação instantânea entre sistemas (SANTOS, 2018).

Outra tendência da Engenharia Mecânica Industrial 4.0 é a manufatura aditiva, que engloba uma gama de técnicas para criação de modelos e simulações digitais, principalmente por meio da impressão 3D. Como resultado, protótipos foram criados em velocidade

de recorde para acompanhar a customização em massa. A simulação digital também é usada na engenharia mecânica para análise virtual da operação de máquinas e linhas de produção. Semelhante à realidade aumentada (AR), a solução pode identificar falhas mais cedo e inspecionar os equipamentos com mais segurança (SANTOS, 2018).

Embora este pilar pertença mais ao campo da engenharia elétrica, o trabalho dos engenheiros mecânicos também é influenciado pelas soluções tecnológicas que possibilitam a interoperabilidade, como: *Big Data*: Grande processamento de quantidades avançadas de dados; *Cloud Computing*: Todos os dados processados são analisados e compartilhados por diversos equipamentos e dispositivos através da tecnologia de armazenamento na nuvem; *Internet das Coisas (IoT)*: na IoT, as várias máquinas e equipamentos são conectados com diversos dispositivos, sendo incorporados com softwares e sensores para que façam a troca de informações; *Cyber Security*: com todos esses dados navegando no parque industrial, a segurança digital é um ponto de extrema importância na indústria 4.0 (SANTOS, 2018).

Embora a revolução digital seja fundamental para o desenvolvimento da Indústria 4.0, ela ainda não é uma realidade no Brasil. A maioria das indústrias brasileiras ainda está em transição da Indústria 2.0 para a Indústria 3.0. De acordo com uma pesquisa de 2016 da CNI (Confederação das Indústrias Nacionais do Brasil) intitulada “Desafios da Indústria 4.0 do Brasil”, o uso de tecnologias digitais na indústria brasileira ainda é pouco difundido, com 42% das empresas desconhecendo a importância da indústria de tecnologias digitais competitividade, sendo que mais da metade (52%) não utiliza tecnologia digital (SANTOS, 2018).

Ao revisar esses sistemas, é mais fácil encontrar a causa raiz dos problemas mecânicos, acelerando assim o trabalho. Além de minimizar as falhas dos equipamentos, os engenheiros mecânicos têm mais tempo para desenvolver projetos inovadores (SANTOS, 2018).

O consenso sobre o novo regime industrial ou a estrutura da Indústria 4.0 enfatiza o uso extensivo de sistemas *smart grid* e da Internet das Coisas IoT (sigla em inglês), com o objetivo de criar produtos e processos inteligentes. Especificamente, as empresas que conseguirem adotar esses parâmetros estarão menos suscetíveis a interrupções causadas pela complexidade e intensidade de geração de dados que a sociedade exige e exige, mantendo assim um processo produtivo mais eficiente. Em uma empresa inteligente, a comunicação entre funcionários, máquinas e recursos deve acontecer naturalmente, o que pode ser comparado a uma rede social. Os produtos e serviços inteligentes resultantes conhecerão os detalhes de sua fabricação, bem como seus padrões de uso atribuídos (SANTOS, 2018).

Como resultado dessas mudanças, a indústria 4.0 deverá ser realizada de maneira interdisciplinar, ou seja, irá exigir conhecimentos diversos de seus operadores, podendo depender de distintos fatores de diferentes áreas da tecnologia

Os avanços na engenharia mecânica e nos conceitos da Indústria 4.0 nos permitem repensar os processos de aprendizado de máquina, levando-nos a buscar formas aprimoradas de aplicar esses problemas. Usar um simulador ou uma variedade de ferramentas computacionais em um ambiente de trabalho real pode ajudar a aumentar a produtividade (GIROTTI; MESQUITA, 2016).

Diante dos dados apresentados é possível perceber que o desenvolvimento das pesquisas na área da engenharia mecânica e indústria 4.0, Segundo Fujimaki (2020) e a integração desta com o ambiente de chão de fábrica e parte tecnológica é importante para o auxílio na evolução dos processos produtivos e competitividade das indústrias.

6. CONCLUSÃO

A quarta revolução trouxe uma série de vantagens para a indústria como um todo, a exemplo a otimização dos processos realizados na organização. Nesse caso, a redução de tempo e recursos destinados à sua implementação é considerável e ao mesmo tempo, falhas e interrupções na produção podem ser eliminadas graças ao *Networked Industry* ou *Industry 4.0*, e em alguns casos, a introdução de máquinas ou robôs em ambientes perigosos aumenta a segurança das pessoas que neles trabalham.

Também se destacam a gestão eficiente de dados e definição de pessoas capacitadas para acessar e interagir em qualquer lugar, para desenvolver produtos que atendam a altos padrões de qualidade, atendendo melhor às necessidades do consumidor e rastreabilidade a todos os registros do dia a dia gerados pelos processos de gestão empresarial.

Quando se fala em revolução industrial 4.0 e Internet das coisas, faz-se associação com a satisfação do cliente, variedade de produto, redução do tempo de produção, redução do tempo de preparação do maquinário e da lucratividade na produção.

Se faz necessário abordar a importância da Indústria 4.0 do ponto de vista do desenvolvimento mecânico e de automação, pois esta revolução é aplicada na engenharia industrial, na vanguarda do desempenho elétrico e hidráulico, muitas vezes para aplicações em automação industrial, visando aumentar a produtividade e competitividade das vantagens das empresas, reduzir custos operacionais e eliminar linhas de produção propensas a erros frente a resultados.

Referências

- BAYAZIT, O., Use of AHP in decision-making for flexible manufacturing systems. **Journal of Manufacturing Technology Management** **16**, Washington, 2005.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Investimentos em indústria 4.0**. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/8b/0f/8b0f5_599-9794-4b66-ac83-e84a-4d118af9/investimentos_em_industria_40_junho2018.pdf. Acesso em: 19 abril. 2022.
- FUJIMAKI, Five **Challenges of Implementing AI in Manufacturing**. Disponível em: <https://industrytoday.com/five-challenges-of-implementing-ai-in-manufacturing/>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- GASSER, R., FISCHER, K., WAEFLER, T., **Decision Making in Planning and Scheduling: A Field Study of Planning Behaviour in Manufacturing**, Heidelberg, 2011.
- KRAJEWSKI, L. J. & RITZMAN, L. P. (1999). **Operations management, strategy, and analysis**, 5a Ed., Addison-Wesley, Reading, MA.
- POOLE, David L.; MACKWORTH, Alan K. **Artificial Intelligence: foundations of computational agents**. Cambridge University Press, 2010.
- REDHAT. **O que é API REST?** Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/api/what-is-a-rest-api>. Acesso em: 03 mar. 2022.
- SANTOS, R. F. D. Estratégias Híbridas de Machine Learning e Simulação para a Resolução de Problemas de Escalonamento. **Dissertação de mestrado** (Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Universidade do Porto, Portugal, 2018.
- SITEWARE. **O que é Indústria 4.0?** Disponível em: <https://www.siteware.com.br/metodologias/o-que-e-industria-4-0/>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- TRACTIAN. O Impacto da Inteligência Artificial na Indústria Brasileira. Disponível em: <https://tractian.com/blog/o-impacto-da-inteligencia-artificial-na-industria-brasileira/>. Acesso em: 18 mar. 2022.
- PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F. Estudo comparativo entre modelos de Winters e de Box-Jenkins para a previsão de demanda sazonal. **Revista Produto & Produção**, v. 4, número especial, p.72-85, 2000.



25

BENEFÍCIOS DA IMPRESSÃO 3D PARA O PROCESSO DE FABRICAÇÃO INDUSTRIAL

*BENEFITS OF 3D PRINTING FOR THE INDUSTRIAL
MANUFACTURING PROCESS*

Patrick Vital Silva De Jesus

Resumo

Este artigo aborda como tema a impressão 3D além disso versada por prototipagem rápida, concretizada por meio de qualquer modelo de impressora com essa função, ressalta-se a redução do lead time e custo no processo de fabricação de moldes, proporcionado por esta tecnologia inovadora. Nos últimos tempos notícias da impressora tem determinado curiosidades, questionamentos e a satisfação no mercado devido à sua ação que consente transcrever com precisão quase exata a moldagem de protótipos com suas características físicas e mecânicas. A economia de modo geral visa consecutivamente maximizar os lucros, minimizar os custos e otimizar metodologias em empresas, autônomos de seu ramo ou porte. Neste presente artigo serão corroborados através de dados e pesquisas um estudo de caso da importância da impressora como instrumento de apoio e melhoria numa empresa do ramo da construção civil.

Palavras-Chave: Impressora 3D, Inovação Tecnológica, Melhoria em processos.

Abstract

This article addresses 3D printing as a theme, which is also versed in rapid prototyping, carried out through any printer model with this function, highlighting the reduction of lead time and cost in the mold manufacturing process, provided by this innovative technology. In recent times news of the printer has given rise to curiosities, questions and satisfaction in the market due to its action that allows to transcribe with almost exact precision the molding of prototypes with their physical and mechanical characteristics. The economy in general aims consecutively to maximize profits, minimize costs and optimize methodologies in companies, independent of their branch or size. In this present article, data and research will corroborate a case study of the importance of the printer as an instrument of support and improvement in a company in the field of civil construction.

Keywords: 3D Printer, Technological Innovation, Process Improvement.

1. INTRODUÇÃO

Na procura por maior nível de competitividade no mercado, as indústrias constantemente empenham-se em usar tecnologias que as auxiliem a aperfeiçoar os seus processos de fabricação, a aumentar a qualidade dos produtos que fabricam e a diminuir os seus custos. Dentro desse cenário, tem-se a impressão 3D, que consiste em um método de representação computacional da superfície tridimensional (3D) de um objeto, produzindo formas e representações por meio do emprego de *software* para a prototipagem do produto desejado.

De modo geral, a prototipagem por meio do método de impressão 3D permite o desenvolvimento de produtos, no qual este é realizado em etapas e possibilita a interação de diferentes áreas de uma indústria, como, por exemplo, planejamento, desenvolvimento e execução. Ademais, esta forma de prototipagem tem como um de seus aspectos o desenvolvimento de protótipos de componentes funcionais e formas de objetos, em um intervalo de tempo menor que métodos como à usinagem, obedecendo as peculiaridades do produto final.

A realização deste trabalho se justifica como importante, dado que a utilização da impressão 3D desponta como um processo inovador à fabricação industrial, visto que dispensa a remoção de volumosas quantidades de insumos que ocorrem nos processos de usinagem, assim, havendo menor desperdício de matérias-primas.

Este tema mostra-se relevante, pois a impressão 3D é um processo de prototipagem que combina camadas para a criação de um objeto sólido, tridimensional, a partir de um molde digital e permite a customização dele. Igualmente, a impressão 3D possibilita a redução de desperdícios na construção de protótipos, dispondo de elevada precisão e ocasionando diminuição no consumo de energia e nos gastos com pessoal, materiais e equipamentos. Isto é, a prototipagem com a impressão 3D permite um melhor acabamento ao produto em seu desenvolvimento.

Por isso a problemática que norteou a pesquisa foi: Como a técnica de impressão 3D pode propiciar maior precisão, menor desperdício de materiais e redução de gastos na prototipagem de componentes para o processo de fabricação industrial?

Tendo como objetivo geral: Distinguir os benefícios e avanços da impressão 3D para o processo de fabricação industrial. E objetivos específicos: assinalar os aspectos da impressão 3D; especificar os tipos de tecnologias relacionadas à impressão 3D e discorrer acerca das vantagens e desvantagens aplicabilidade da impressão 3D.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A pesquisa foi elaborada por meio de uma revisão integrativa, qualitativa. A coleta de dados foi feita a partir de: artigos científicos que possam estar correlacionados com o tema, objetivos, faixa temporal entre 2017 e 2022. A busca de materiais será efetuada em biblioteca física e nas bases de dados eletrônicas Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), selecionando-se publicações dos últimos 15 anos (2007 a 2002). As palavras-chave utilizadas na busca serão: fabricação industrial, impressão 3D, manufatura aditiva,

prototipagem rápida

2.2 Resultados e Discussão

O uso da impressão 3D vem ocasionando inovação das indústrias na busca pela redução de custos e desperdício de insumos na fabricação de objetos com maior precisão e integridade da estrutura dos componentes fabricados. Com a utilização da tecnologia de impressão 3D, tem-se a possibilidade da criação de protótipos quase que em tempo real, com custo admissível, permitindo a efetuação de testes acerca da forma e aplicação física do protótipo físico de modo funcional e eficiente (TAKAGAKI, 2012).



Figura 1. Modelos em 3D

Fonte: (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

Ademais, como tecnologia, a impressão 3D apresenta como uma de suas principais peculiaridades a possibilidade de customização das peças durante seu desenvolvimento. Como um método para se desenvolver protótipos de objetos, a impressão 3D trata-se de um processo de fabricação onde se adiciona material a partir de um código de programação gerado por um computador e introduzido em uma máquina que fará a impressão de objetos camada por camada (MICALLEF, 2015).

O procedimento da impressão 3D implica no emprego de impressoras de prototipagem rápida que possuem a utilidade de desenvolver protótipos de produtos em menor tempo possível, apresentados como uma de suas vantagens em relação a máquinas tradicionais, a desobrigação do uso de ferramentas, assim como a redução dos custos de produção (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

A impressão 3D, ou manufatura aditiva, é uma técnica de fabricação através da adição de material na forma de camadas, com informações captadas por meio de desenho geométrico computacional, tridimensional, do componente, decorrente de um sistema *Computer-Aided-Design* (CAD). Essa técnica aditiva possibilita a fabricação de componentes físicos a partir de diferentes materiais, e processo de construção é praticamente automatizado e acontece de forma relativamente rápida, se comparado aos meios habituais de fabricação (VOLPATO *et al.*, 2017). É importante citar que a modelagem tridimensional surgiu a partir do final dos anos 1980 e início dos anos 1990, obtendo gradativamente relevância no mercado por ser um método de prototipagem viável e que pode trazer resultados com maior celeridade em comparação a outras técnicas (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

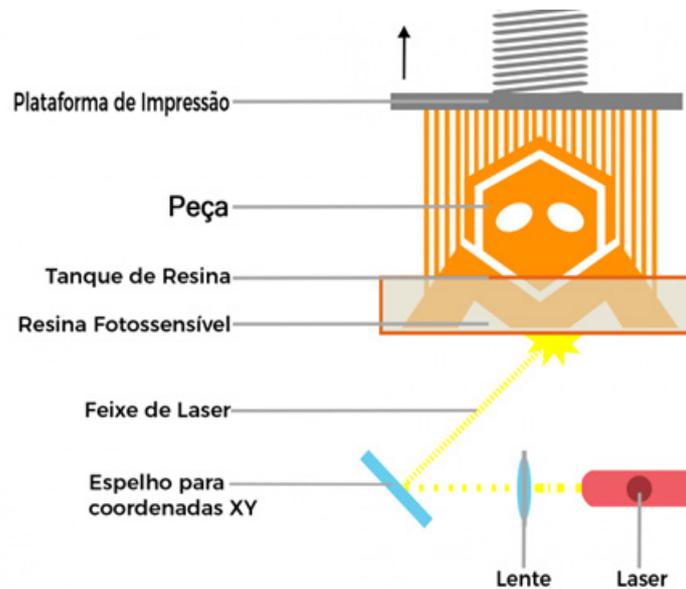


Figura 2. Representação do processo

Fonte: (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

A demanda pela impressão 3D em substituição às técnicas tradicionais de fabricação manual procede da capacidade de se produzir componentes e peças de elevada complexidade com mais qualidade e maior precisão. Pelos métodos tradicionais, como a usinagem, consome-se até meses na concepção e desenvolvimento de novos produtos. Mas com o uso da técnica de prototipagem rápida, com a impressão 3D, este processo pode levar semanas, ou até mesmo dias, o que acarreta redução de tempo e gastos (FORNASIER; KNEBEL; SILVA, 2021).

Este procedimento consiste na obtenção de moldes tridimensionais de qualquer tipo de objeto por meio de uma representação matemática gerada em *softwares* computacionais. Outrossim, a aplicação da impressão 3D tem o desígnio de trabalhar moldes físicos possibilitando a efetuação, se necessário, de ajustes, que representam um dos principais fatores de retrabalho em métodos como a usinagem (VOLPATO *et al.*, 2007).

O procedimento de prototipagem por meio da impressão 3D, cada vez mais, vem se desenvolvendo gradativamente no decorrer do tempo, inovando a forma de fabricação de objetos. Outrossim, existe uma variedade de métodos de impressão 3D, onde cada um opus de modo distinto e faz o uso de peculiares insumos para fabricar objetos, como o plástico fundido em camadas, o laser para solidificar camadas de resina ou pó, outras a partir de materiais como vidro, aço e concreto (SOARES; BORTOLUZZI; SOUZA, 2019).

A Fusão e Deposição de Material (FDM) é baseada na evacuação de termoplásticos. A máquina é composta por um cabeçote que realiza movimentos nos eixos x e y, como também por uma base que translada verticalmente. O injetor de material, nessa máquina, acalora e puxa o filamento plástico que fica envolto numa bobina. O material passa por meio de dois bicos evacuadores localizados no cabeçote para, assim, ser depositado na plataforma. Em um bico, passa o material que irá formar o objeto, e no outro, o insumo que irá empregado como suporte na ocasião de fabricação de superfícies complexas (BAGLIOTTI; GASPAROTTO, 2017).

A Sinterização Seletiva a Laser (SLS), por sua vez, é um processo que constrói objetos em 3D pelo nivelamento de camada uniformes de polímeros em pó. A tecnologia faz o uso de equipamento mais desenvolvido que a FDM e tem adequada resistência mecânica e térmica. Além do mais, possui como proveito a capacidade de usar diferentes materiais

para fabricação dos objetos, tais como: poliamidas, elastômeros, cerâmicas, dentre outros (SOARES; BORTOLUZZI; SOUZA, 2019).

A técnica de Estereolitografia possui processo similar ao de prototipagem da SLS, isto é, também faz o uso de laser para enrijecer as camadas. Contudo, em vez das camadas serem compostas por polímeros em pó, o objeto vem a ser formado pelo enrijecimento de resina. Destarte, esta tecnologia tem como base a polimerização de uma resina (acrílica, epóxi ou vinil) fotossensível formada por monômeros, fotoiniciadores e aditivos, através de uma profusão de laser ultravioleta (GIORDANO; ZANCUL; RODRIGUES, 2016).

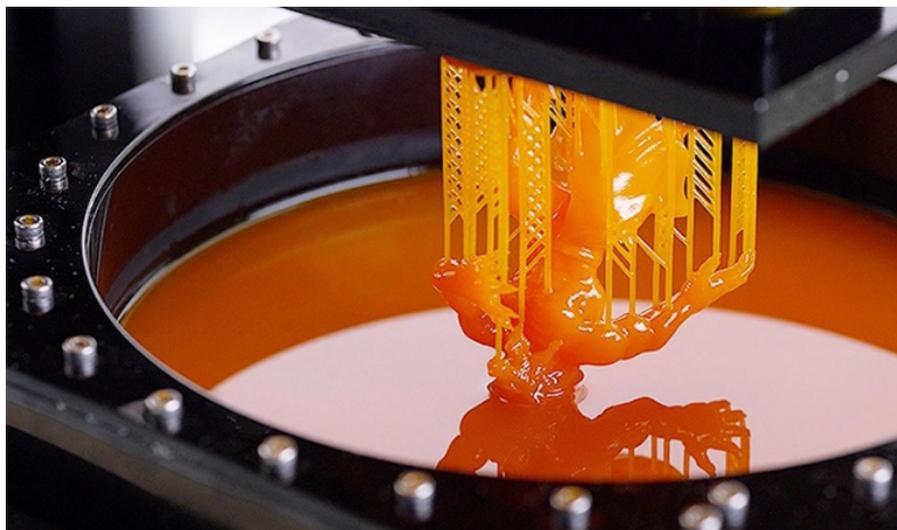


Figura 3. Técnica de Estereolitografia

Fonte: (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

É importante ressaltar que estas tecnologias percorridas possibilitam a simulação de modelo tridimensional elaborado com o suporte de um computador e *softwares* característicos para desenvolvimento de um modelo executável idêntico, ou similar, ao do objeto que pretendesse fabricar (SOARES; BORTOLUZZI; SOUZA, 2019). O procedimento de modelagem através da impressão 3D possibilita a customização de produtos no decorrer de seu desenvolvimento, o que facilita o cumprimento das necessidades da fabricação industrial individualmente, tanto no que se refere às especificações, quanto ao desenho inovador e emprego de uma variedade de insumos para a fabricação (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

Uma vantagem significativa da impressão trata-se da confecção de estruturas complexas, endurecidas e leves, que não fabricadas por meio de processos como os de moldagem e fundição. Nesse ínterim, a impressão 3D pode construir objetos leves, o que diminui custos, tais como o uso de combustível, a aplicação de menos material para deposição e utilização de materiais alternativos e de menor custo, como os de origem vegetal para o protótipo das peças (HORNE; HAUSMAN, 2017).

Entretanto, cabe citar que a impressão 3D possui algumas desvantagens acerca da sua utilização, sobretudo na sua manutenção. Por ser uma técnica relativamente moderna, conta uma falta de mão de obra especializada para a sua operação, o que pode vir a acarretar altos custos. Outra desvantagem incide na remoção do modelo de peças grandes da impressora, uma vez que, quando são desenvolvidas de forma muito fina, podem causar quebra da parede (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016).

Por outro lado, a impressão 3D pode acelerar a fabricação de peças protótipos para projetos, viabilizando, dessa forma, o seu desenho físico. Assim, torna mais ágil a confec-

ção de componentes de desenho complexo e permite a correção de imprevistas falhas no produto, aumentando a sua qualidade, acarretando redução de custos na produção (FERREIRA; KRÜGER; SANTOS, 2016). A escolha da tecnologia a ser aplicada baseia-se no tipo de estado inicial da matéria-prima que será utilizada na fabricação, podendo ser classificados em: sólido, líquido e pó (VOLPATO et al., 2007, p.67).

- Matéria-prima líquida: esta categoria envolve as tecnologias de polimerização de resinas líquidas através de um laser UV ou o jateamento de resina líquida por jateamento e posterior cura por exposição à luz UV.
- Matéria-prima sólida: neste caso, o material pode estar na forma de filamentos ou lâminas. Em alguns casos, o material é fundido antes da sua deposição, em outros casos, são recortadas lâminas do material adicionado.
- Matéria-prima em pó: neste caso podem ser utilizados lasers para o processamento ou um aglutinante que é aplicado através do jateamento de tinta.

Estes tipos de tecnologias possuem fases de fabricação similares e que de uma forma macro são descritas conforma as seguintes etapas (VOLPATO et al., 2007, p.89):

1. Elaboração e planejamento da peça através da modelagem tridimensional no sistema CAD;
2. Geração da geometria 3D da peça utilizando o padrão STL (STereoLithography), que consiste na aproximação da superfície da peça utilizando-se malhas de triângulos;
3. Análise e validação do arquivo de dados;
4. Planejamento do processo de fabricação, definindo-se a estratégia de deposição do material nas camadas sucessivas;
5. O processo de fabricação em si;
6. O pós-fabricação em que ocorre a limpeza e o acabamento da peça.

Vale ressaltar que um dos benefícios que se obtém com a aplicação da impressão 3D na fabricação industrial é a visualização do protótipo do componente, o que acaba propiciando uma assimilação espacial dos modelos, sendo os mesmos produzidos em pequena proporção. À vista disso, a impressão 3D tem despontado como um método constantemente empregado na etapa em que os produtos são produzidos pontualmente através de um modelo computacional, diminuindo assim o tempo, o desperdício de insumos e os custos para a prototipagem (SOARES; BORTOLUZZI; SOUZA, 2019).

A impressão 3D é viavelmente menos custosa e mais completa que a usinagem, sobretudo em situações de geometrias com maior complexidade. O seu uso vem sendo um fator instigante da inovação das indústrias na procura por redução de custos e tempo para a prototipagem de objetos que apresentem elevada precisão e qualidade como a dos componentes produzidos. Além de visualizar, na fase de testes, os fabricantes podem avaliar com maior exatidão as características projetadas do produto, tornando mais célere a prototipagem e, por conseguinte, a fabricação (HORNE; HAUSMAN, 2017).

3. CONCLUSÃO

Ter uma visão inovadora e ligada às atualidades é essencial para a implementação de um equipamento como a impressora 3D, pois embora para muitos seja um assunto novo, para outros já é parte definitiva do seu processo e no que diz respeito ao investimento de

um equipamento desse nível, neste caso de estudo comprova-se a viabilidade, no primeiro mês foi obtido retorno do investimento, um projeto que finalizava em até 60 dias foi reduzido para 15, custo visivelmente proporcional que chegava a 30 mil baixou para 8 mil reais.

Existem impressoras de custos mais altos para projetos mais complexos como no segmento da medicina, pode parecer muito alto, mas torna-se justificada em sua eficácia. Os pontos positivos que destacam essa tecnologia no ramo civil é a redução no gasto com matéria prima, pois em cada projeto é utilizado somente a quantidade necessária para a impressão de cada protótipo, em camadas aditivas, anteriormente o mesmo processo era realizado descamando a matéria-prima, gerando desperdício, já com a impressão 3D ocorreu a precisão, redução de tempo e custo, agilidade nos processos e melhoria na qualidade final do produto o que trouxe maior confiabilidade na relação e satisfação do cliente. Especialistas do ramo logístico já afirmam mudanças na cadeia de suprimentos onde aqueles que pretendem crescer no mercado deverão adequar-se em novos conceitos tecnológicos e formas de distribuição.

Referências

BAGLIOTTI, I. R.; GASPAROTTO, A. O processo de produção de uma impressora 3D de baixo custo reprop com tecnologia fused filament fabrication. **Revista Interface Tecnológica**, n.1, v.14, p. 169-183. 2017. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/132>. Acesso em: 29 abr. 2022.

FERREIRA, G. C.; KRÜGER, T. R.; SANTOS, C. B. Utilização da impressão 3D na manufatura para a otimização de processos: um estudo de caso em indústrias automobilísticas. **Memorial TCC – Caderno da Graduação**, v. 2, n. 1, P. 276-289, 2016. Disponível em: <https://memorialtcccadernograduacao.fae.edu/cadernotcc/article/view/148>. Acesso em: 30 abr. 2022.

FORNASIER, M. O.; KNEBEL, N.; SILVA, F. V. Impressão 3D: oportunidades, riscos e regulação. **Revista Paradigma**, Ribeirão Preto-SP, a. XXVI, v. 30, n. 1, p. 192-217, jan/abr. 2021. Disponível em: <https://revistas.unaerp.br/paradigma/article/download/1954/1848>. Acesso em: 30 abr. 2022.

GIORDANO, C. M.; ZANCUL, E. de S.; RODRIGUES, V. P. Análise dos custos da produção por manufatura aditiva em comparação a métodos convencionais. **Revista científica eletrônica de engenharia de produção**, v. 16, n. 2, p. 499-523, 2016. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1963>. Acesso em: 29 abr. 2022.

HORNE, R.; HAUSMAN, K. K. **3D printing for dummies**. 2. ed. New Jersey, USA: For Dummies, 2017.

MICALLEF, J. **Begining Design for 3D printing**. Califórnia, USA: Apress, 2015. *E-book*

SOARES, L. H. M.; BORTOLUZZI, A. C.; SOUZA, A. D. C. Propostas de utilização de uma impressora 3D no curso de Engenharia Mecânica. **Perspectiva**, Erechim. v. 43, n.162, p. 33-46, jun. 2019. Disponível em: https://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/162_759.pdf. Acesso em: 29 abr. 2022.

TAKAGAKI, L. K. Tecnologia de Impressão 3D. **Revista Inovação Tecnológica**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 28-40, jul./dez. 2012. Disponível em: <https://doczz.com.br/doc/26444/capitulo-3.-tecnologia-de-impress%C3%A3o-3d-luiz-koiti-takagaki>. Acesso em: 30 abr. 2022.

VOLPATO, N. *et al.* (orgs.). **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017.

VOLPATO, N. *et al.* (orgs.). **Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.



26

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NO SISTEMA DE ARREFECIMENTO DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

THE IMPORTANCE OF PREVENTIVE MAINTENANCE IN THE COOLING SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Maycow Douglas de Oliveira Alves

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Jhoseph Andrade Martins

Deivyt Silva Da Silva

Francisco Carlos Guedes Rêgo

Antonio Merval Machado Tavares

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Resumo

A análise do modo de falhas e efeitos é uma técnica indutiva, estruturada e lógica para identificar e/ou antecipar a(s) causas (s) e efeitos de cada modo de falha de um sistema ou produto. A análise corresponde as correções para retirar ou incluir os meios de falhas e seus componentes, contribui para antecipação das falhas conhecidas ou as que surjam por meio de mudanças em matérias, processos ou projetos. Uma falha pode surgir através de um efeito adverso em um sistema. Por isso a problemática que norteou a pesquisa foi: Qual a importância da manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna com foco em combustíveis para a melhoria dos seus parâmetros de projeto e desempenho? Teve como objetivo geral: compreender a importância da manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna com foco em combustíveis para a melhoria dos seus parâmetros de projeto e desempenho. E objetivos específicos: conceituar sobre a manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna; descrever os tipos de combustíveis mais favoráveis ao rendimento veicular e pesquisar sobre as evoluções tecnológicas que visam a melhoria no consumo veicular.

Palavras-chave: Sistema de Arrefecimento, Motores de Combustão Interna, Manutenção.

Abstract

Failure mode and effects analysis is an inductive, structured and logical technique for identifying and/or anticipating the causes and effects of each failure mode of a system or product. The analysis corresponds to the corrections to remove or include the means of failures and their components, it contributes to the anticipation of known failures or those that arise through changes in materials, processes or projects. A failure can arise through an adverse effect on a system. Therefore, the problem that guided the research was: What is the importance of preventive maintenance in the cooling system of internal combustion engines with a focus on fuels to improve their design and performance parameters? With the general objective: to understand the importance of preventive maintenance in the cooling system of internal combustion engines with a focus on fuels to improve their design and performance parameters. And specific objectives: conceptualize about preventive maintenance in the cooling system of internal combustion engines; describe the types of fuels most favorable to vehicle performance and research on technological developments aimed at improving vehicle consumption.

Keywords: Cooling System, Internal Combustion Engines, Maintenance.



1. INTRODUÇÃO

O mercado automobilístico dispõe de modelos para qualquer tipo de gosto do cliente. A tecnologia evoluiu muito até os parâmetros atuais de qualidade e desempenho. A era dos combustíveis também sofreu uma evolução: antes o principal combustível era o vapor, atualmente existe diversos tipos de combustíveis.

Em meados de 2000, começaram a surgir carros flex., movidos a álcool e gasolina separada ou misturada, as taxas de compressão desses carros ficam em torno de 12:1, normalmente mais confortável para o álcool do que a gasolina. O Brasil é o único país que usa esse tipo de tecnologia em seus carros em sua maioria.

Com o aumento de aquisições de carros movidos a combustíveis, o Brasil se viu na necessidade de constituir uma regulamentação para a emissão de poluentes, pressionados pelos países de primeiro mundo. Em 6 de maio de 1986, foi criado o Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores, o PROCOVE.

Essa resolução tem como objetivo a redução de contaminantes provenientes da combustão dos veículos automotores, determinando limites máximos de emissão. Com o avanço da tecnologia dos motores de combustão interna, foram inseridos o catalisador e a injeção eletrônica que ajudou a controlar com maior eficácia essas emissões e ajudando o Brasil a cumprir as metas estabelecidas pelo programa.

O sistema de arrefecimento tem a função de gerenciar a temperatura do motor, garantindo que o mesmo atinja a temperatura de trabalho no menor tempo possível, e estabelecendo também o seu limite máximo. Portanto é um sistema de suma importância para o correto funcionamento do conjunto, principalmente se tratando do controle de temperatura máxima.

Tendo em vista a importância do tema o sistema de arrefecimento, bem como a pesquisa sobre esse assunto se justifica nesse trabalho por trazer um enfoque mais minuciosa entre a relação do sistema de arrefecimento e os combustíveis para a melhoria dos seus parâmetros de projeto e desempenho. Por isso a pesquisa é relevante por trazer uma compreensão maior sobre o tema e um entendimento mais aprofundado tanto para acadêmicos quanto para profissionais. Sendo assim é relevante salientar que esse trabalho trará mais conhecimento sobre um assunto tão relevante.

Por isso a problemática que norteou a pesquisa foi: Qual a importância da manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna com foco em combustíveis para a melhoria dos seus parâmetros de projeto e desempenho?

Tendo como objetivo geral: compreender a importância da manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna com foco em combustíveis para a melhoria dos seus parâmetros de projeto e desempenho. E objetivos específicos: conceituar sobre a manutenção preventiva no sistema de arrefecimento dos motores de combustão interna; descrever os tipos de combustíveis mais favoráveis ao rendimento veicular e pesquisar sobre as evoluções tecnológicas que visam a melhoria no consumo veicular.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada é de uma pesquisa com abordagem qualitativa, cuja pesquisa buscará descrever sobre o tem em questão, sendo uma revisão bibliográfica com respaldo teórico em artigos e livros seguindo a faixa temporal de 2000 a 2022, porém em alguns casos poderá ser utilizado livros mais antigos devido aos autores serem clássicos pioneiros no assunto.

Foi feita uma minuciosa análise na base dado Google Acadêmico onde foram escolhidos dentro dos critérios de inclusão: artigos que estivessem, dentro da faixa temporal estabelecida, que estivessem concernentes com o tema, os objetivos e as palavras-chave em questão.

2.2 Resultados e Discussão

O combustível é armazenado no tanque onde a bomba de combustível puxar o combustível que passa antes no copo de sedimentação. Logo após existem dois filtros de retém impurezas do combustível antes de entrar na bomba injetora, onde a dosagem é regulada pelo acelerador. Na entrada da bomba injetora, a pressão é baixa do combustível, na saída para o bico injetor ela está altamente pressurizada sendo que nem todo o combustível é aproveitado, o excedente retorna por gravidade para o tanque (MARTINS, 2006).

O sistema de arrefecimento é responsável pela normalização da temperatura do motor de combustão interna. Alta temperatura dos movimentos das partes móveis de do ciclo da expansão, pode danificar o motor como um todo. O sistema é capaz de dissipar esse trabalho térmico por meios de troca de calor por meio de fluídos. O Líquido de Arrefecimento é constituído de água destilada com aditivos antioxidantes e não evapora quando chega aos 100°C. Uma bomba faz com que o fluído circule pelo sistema. A Válvula Termostática é uma reguladora que é acionada por temperatura ou eletronicamente. Quando o motor atinge a temperatura máxima de trabalho, ela abre para trocar calor com o fluído (MARTINELLI, 2008).

Existem dois tipos de sistemas de arrefecimento: Sistema de arrefecimento a ar, que consiste na dissipação de calor através da atmosfera, e o sistema de arrefecimento a água que pode ser dividido em dois, chamados sistemas por termossifão e circulação forçada. Nos motores do ciclo OTTO podem usar três tipos de combustíveis: o GNV (gás natural veicular), Gasolina e o Etanol. No Brasil predomina os carros bicompostíveis sendo que a gasolina é a mais usada (QUEIROZ, 2006).

A gasolina é um combustível derivado do petróleo. Sua estrutura molecular é composta de hidrocarbonetos que têm três tipos: a comum, a aditivada e a de alta octanagem que genericamente são chamados de Premium. Vale a pena explicar o que é octanagem antes de explicar sobre os tipos de gasolinas. Alta octanagem é a capacidade de resistir à opressão no interior da câmara de combustão sem sofrer uma pré-ignição (combustão espontânea), o efeito no carro é conhecido como batida de pino. Por isso cada tipo de gasolina é mensurado em octanas, ou seja, um percentual de compressão equiparada ao octano (BIZZO, 2012).

Atualmente a Gasolina Comum no Brasil é a gasolina pura acrescida de 20% de álcool anidro e tem 87 octanas. A Gasolina Aditivada é a gasolina comum adicionada de detergentes que tem o propósito de limpar a linha da injeção de combustível e conter o

depósito de borra tipo carvão na câmara de combustão, possui a mesma octanagem da gasolina comum. A Gasolina de alta octanagem ou Premium é a gasolina aditivada com uma octanagem mais alta, com 91 octanas (BIZZO, 2012).

O diesel é um combustível derivado da destilação bruta do petróleo, é constituído por hidrocarboneto e contém baixas concentrações de enxofre, nitrogênio e oxigênio. Para um menor consumo de combustível é necessário que haja um controle preciso da temperatura de funcionamento do motor, principalmente na fase de aquecimento. O sistema de arrefecimento deve garantir que o motor alcance a temperatura ideal de operação no menor tempo possível, para isso deve ser assegurada a sua correta manutenção. É de fundamental importância para o sistema de arrefecimento que o líquido utilizado na troca térmica seja o recomendado pelo fabricante, e também que sejam respeitados os intervalos de troca predeterminados. A falta de aditivo na água no sistema de arrefecimento torna o meio arrefecedor propício à oxidação, comprometendo diversos componentes, podendo gerar vazamentos, provocar corrosões em partes metálicas e outros danos (QUEIROZ, 2006).

O aumento da massa do veículo e o aumento do consumo são diferentes para a variação de tipos de combustíveis e transmissão dos carros. Um veículo de pequeno porte pode ter na sua configuração uma transmissão automática e pode ter um consumo maior se tivesse uma transmissão manual. Já um carro grande tendo na sua configuração o sistema VVT pode economizar combustível usando transmissão automática e ser dispendioso com a transmissão manual (TOLOUEI, TITHERIDGE, 2009).

Retardando o ponto de suspensão da válvula, percebe-se que o motor consegue melhor torque em alta rotação, enquanto o avanço do ponto de levantamento da válvula de admissão melhora a potência em rotações baixas (FONTANA, GALLONI 2009).

Com aumento do poder aquisitivo e a inserção de carros no mundo fez com que o fluxo de tráfego aumentasse, juntamente com a população, que podemos falar de tráfego misto. Isso tem atraído a atenção de diversos cientistas. A presença cada vez mais intensa dos pedestres cruzando caminhos de ruas e avenidas ocasionam um impacto significativo na circulação de veículos. A maneira de dirigir do condutor é um fator importantíssimo para o consumo de combustível, aliado às condições da via e excesso de pedestres tornam o consumo ainda mais exagerado. Basta o momento de parar o veículo para que um pedestre passar numa faixa e recomeçar o trajeto, o carro terá uma queda sem rendimento e conseqüentemente um consumo de combustível a mais (LI; SUN, 2014).

Ao observar uma panela de pressão, o filósofo Dannis Papin, verificou que era possível aquecer a água a uma temperatura acima da ebulição e o vapor empurrava a tampa da panela, podendo haver uma possível explosão (GRECO, 2005).

Um engenheiro inglês chamado Thomas Savery construiu a primeira máquina baseada nos pensamentos de Dannis Papin para tirar água das minas carvão. Só que sua engenhoca não tinha uma boa eficiência. Depois veio Thomas Newcomen e aperfeiçoou, a máquina tinha melhorado, mas não passava de um rendimento de 1%. Então o jovem escocês James Watt recebeu uma máquina defeituosa de Thomas, por meio de um amigo. Ele não apenas a consertou, como melhorou seu funcionamento (GRECO, 2005).

O grande problema na época era o medo de manipular explosões (o vapor de alta pressão pode resultar numa explosão), então o motor de combustão interna foi definido teoricamente em 1892 na França pelo Alphonse Beau de Rochas. O Nikolaus August Otto em 1876 desenvolveu o que chamamos hoje de motor de combustão interna. Os motores continham quatro tempos (GRECO, 2005).

A grande dificuldade era o combustível inserido na câmara de combustão, que na

ocasião era o gás. Maybach desenvolveu que chamamos de carburador, um sistema de alimentação de combustível (gasolina) inserida na câmara do motor (GRECO, 2005).

Atualmente empregado na maioria dos carros no mundo atual. Sua particularidade é o movimento alternativo do êmbolo dentro do pistão. Têm os quatro tempos definidos (admissão, compressão, expansão e escape) em motores de quatro tempos ou um ciclo de dois tempos e, motores de dois tempos (MARTINELLI, 2008).

O motor de movimento rotativo mais famoso foi idealizado pelo engenheiro alemão Felix Wankel. Inclui uma câmara similar a uma forma do número oito e o pistão é um rotor triangular que gira excentricamente no eixo do virabrequim ou no motor. Seu funcionamento é suave e silencioso em comparação a outros motores, porém sua fabricação é onerosa e o fator de poluição elevado (MARTINS, 2006).

Os principais tipos de câmaras de extinção utilizadas são os de sopro transversal e os de sopro axial, há também o tipo que combina estes dois. A câmara de sopro transversal é formada por placas de fibra vulcanizadas empilhadas. Os tanques dos disjuntores possuem uma forração extraível de papel ou papelão isolante que tem por finalidade impedir que o jato de vapor de gases ionizados atinja diretamente sua parede metálica, com possibilidade de ocorrer um curto-circuito na terra (GRECO, 2005).

A operação prolongada e eficaz dos sistemas produtivos de bens e serviços é uma exigência vital em muitos domínios. Nos serviços, como produção, transporte e distribuição de energia, as falhas súbitas causadas por fatores aleatórios devem ser entendidas e contrabalançadas se é pretendido evitar os danos não só econômicos, mas especialmente sociais. Também nas indústrias, hoje caracterizadas por unidades de grande volume de produção e de alta complexidade, dotadas de sistemas sofisticados de automação, impõem-se, com grande acuidade, a necessidade de conhecer e controlar as possibilidades de falhas parciais ou globais, que possam comprometer certos limites da missão produtiva. As perdas operativas traduzem-se aqui por elevados prejuízos econômicos para a empresa e para o País (MARTINELLI, 2008).

Estas exigências impulsionaram a criação e o desenvolvimento de uma nova ciência: a teoria da confiabilidade. Esta disciplina tem por escopo os métodos, os critérios e as estratégias que devem ser usadas nas fases de concepção, projeto, desenvolvimento, operação, manutenção e distribuição, de modo a garantir o máximo de eficiência, segurança, economia e duração. Em especial, visa-se ao prolongamento da atividade do sistema a plena carga e de modo contínuo, sem que seja afetado por defeitos nas suas partes integrantes (MARTINELLI, 2008).

Os Componentes Fixos são componentes que geralmente alojam os componentes móveis. O bloco é a maior parte do motor. Geralmente fabricado em ligas de alumínio ou ferro fundido, aloja os cilindros (camisas) em linha, opostos com em “V”. O Cabeçote é a parte que fecha, por meio de junta e parafusos, a parte superior do bloco. Normalmente contém a mesma matéria-prima do bloco. Nela fica a maioria dos componentes móveis do sistema de válvulas. O componente que aloja o óleo lubrificante é o cárter. Seu material é diferente do bloco e cabeçote, é feita de chapa prensada. Ele fecha o bloco do motor pela parte de baixo (MARTINS, 2009).

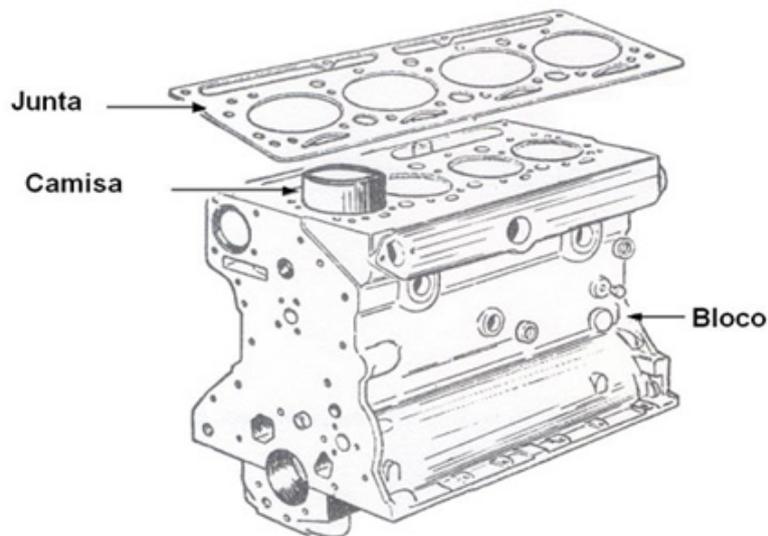


Figura 1

Fonte: Borsatti (2010)

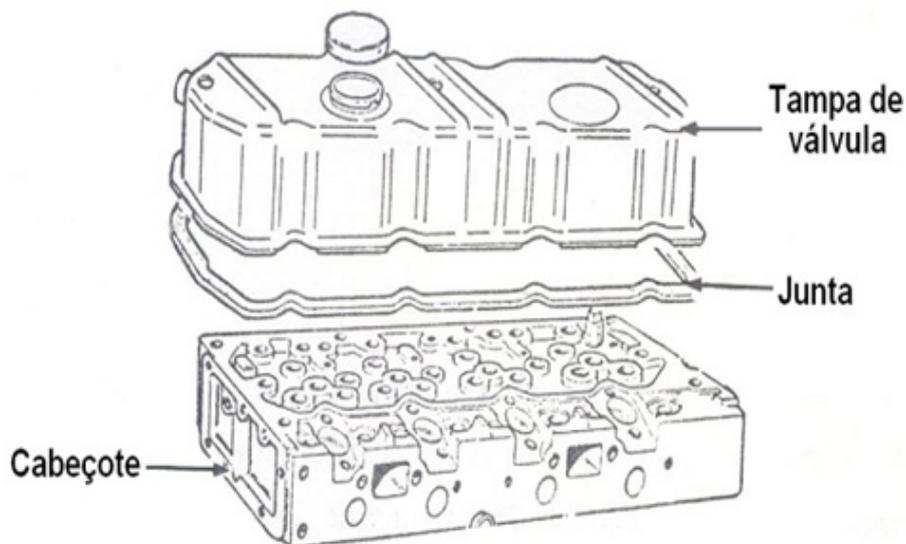


Figura 2

Fonte: Borsatti (2010)

Os componentes móveis do motor, podemos classificá-los entre os que são integrados no bloco do motor e no cabeçote. Os pistões também conhecidos como êmbolos, é a parte móvel da câmara de combustão que se movimentam dentro dos cilindros ou camisas do bloco do motor (MARTINS, 2006).

São peças mais sujeitas à variação de temperatura e devem resistir a pressões extremas e a fabricação destas peças é feita com materiais de liga de alumínio, para que resistam a estas condições. Os anéis de segmentos se alojam nos sulcos dos êmbolos, são divididos em três tipos. Um tem a função de conter a pressão gerada pela explosão nos cilindros e evitando a perda de pressão, mais abaixo do primeiro tem duas funções, uma de ajudar a reter a compressão como o primeiro e outra de criar uma película de óleo quando o mesmo raspa as paredes internas do cilindro (MARTINELLI, 2008).

O terceiro tem a função de raspar o excesso de óleo e criar uma fina película de lubrificação para que os outros anéis tenham o mínimo de atrito evitando o desgaste entre anéis e cilindro. A união entre o pistão e a árvore de manivelas se chama biela, esse conjunto transforma o movimento retilíneo do pistão em movimento rotativo da árvore de manivelas eixo de manivelas ou virabrequim, é definido como eixo motor e é constituído por moentes, munhões e contrapesos (PUGLIESI, 1976).

Árvore de comando de válvulas ou eixo comando de válvulas tem como papel de abrir as válvulas de admissão e escape, com ressaltos chamados de cames, que determinam os pontos de abertura das válvulas. O eixo é acionado pelo virabrequim, através de engrenagem, corrente ou correia dentada.

Possuindo também ressaltos que elevam o conjunto tucho, haste e balancim. A válvula de admissão tem a função de permitir a entrada de ar na câmara de combustão. A válvula de escape possui a função de saída dos gases resultantes da queima dentro do cilindro. Para aumentar a eficiência, existem motores de oito válvulas, com cada cilindro contendo duas válvulas por cilindros, sendo frequentes motores com dezesseis válvulas, com todos os cilindros contendo quatro válvulas, duas de admissão e duas de escape. Os componentes destinados a eliminar as folgas de trabalho entre o eixo de comando de válvulas e a válvula propriamente dita são chamados de tuchos hidráulicos. A função do balancim é de receber, o contato do cames do eixo de comando de válvulas. Na parte inferior o balancim, de um lado, tem contato com o tucho e do outro lado com a válvula de admissão ou escape (BRUNETTI, 2012).

Um dos dispositivos de maior importância no sistema de arrefecimento é o trocador de calor, que em sistemas automotivos é chamado de radiador. Os radiadores para automóveis são geralmente projetados com base no pressuposto de que o ar de resfriamento é uniformemente distribuído sobre o Core do radiador (O que seria a parte central do radiador onde é realizada a troca de calor), e o líquido refrigerante é uniformemente distribuído sobre os tubos do radiador (CHIOU, 1980).

De acordo com Chiou (1980), essas premissas normalmente não são atendidas devido as seguintes razões: a não uniformidade do fluxo de ar é geralmente devido à localização desfavorável do ventilador em relação aos radiadores e devido ao compartimento sobrecarregado do radiador; a não uniformidade do fluxo do líquido de arrefecimento do motor é o resultado do arranjo e configuração desfavoráveis do coletor de entrada do refrigerante para o radiador; a distribuição não uniforme do fluxo afeta adversamente o desempenho térmico e também pode produzir regiões de alta velocidade, levando à corrosão por erosão das passagens de fluxo.

Chiou apresenta um método matemático para determinar a eficácia térmica do radiador do motor, responsável pela distribuição bidimensional do fluxo de fluido não uniforme em ambos os lados do ar de arrefecimento e do líquido refrigerante do motor. Contendo vapor d'água, o ar depende do grau de saturação e temperatura. Normalmente a relação 1% da sua massa de ar pode chegar até os 4% em situações extremas. (RECH, 2002). Um motor de combustão interna do ciclo otto a gasolina funciona em razões de 8:1 mistura pobre a 20:1 considerada mistura rica. Essa razão ar/combustível pode ser medida para acharmos a relação entre potência e o consumo específico de combustível, sendo que os resultados podem representados pela Curva de Hook (PLINT, MARTYR, 1997).

Sendo assim depois de análise foram selecionados alguns autores que correspondiam ao tema conforme demonstrado no quadro 1:

| AUTOR | ANO | TÍTULO |
|--|------|--|
| BORSATTI, E. J. | 2010 | Estudo do sistema duto-trocador de calor compacto para veículos de competição. |
| QUIM, N. | 2007 | Desenvolvimento de uma metodologia de simulação aplicada ao sistema de arrefecimento veicular. |
| BONNICK A. NEWBOLD D. | 2011 | A Practical Approach to Motor Vehicle Engineering and Maintenance, |
| BOSCH, R. | 2005 | Manual de Tecnologia Automotiva. |
| BRUNETTI, Franco. | 2012 | Motores de combustão interna |
| CROUSE, W. H., ANGLIN, D. L., | 1977 | Automotive engine cooling systems. Automotive air conditioning. |
| HEYWOOD, J. B | 1988 | . Internal combustion engine fundamentals. |
| INCROPERA F.; DEWITT D.; BERGMAN T.; LAVINE A. | 2014 | Fundamentos de Transferência de Calor e Massa. |
| MARTINELLI JÚNIOR, L. C. | 2008 | Introdução às Máquinas de Combustão Interna: Motores de combustão interna |
| STONE, R. | 2012 | Introduction to internal combustion engines. |

Quadro 1: Comparação entre autores

Fonte: Do autor (2022)

3. CONCLUSÃO

Conforme a análise dos artigos, livros, dissertações sobre os parâmetros de projeto e de combustíveis, comprova-se que à medida dos principais parâmetros dos motores de combustão interna foram modificados, tivemos um ganho de potência e redução de consumo. A simples modificação do tempo de abertura da válvula de admissão, falando de comando variável de válvula, podemos diminuir o consumo veicular em exigências altas ou baixas do motor. O peso interage com a transmissão do carro no âmbito de consumo veicular, estudar bem esses parâmetros podemos chegar num coeficiente ideal de consumo veicular sem perder potência.

A nova demanda de motores de combustão interna são os motores de três cilindros, que vieram com a proposta de diminuir o peso e aumenta a potência, visto que os cursos dos pistões passaram a aumentar, porém o que temos de concreto que somente o peso diminuiu cerca de 20% em relação aos motores de quatro cilindros (levando em conta os motores de mil cilindradas).

Em linhas gerais, o sistema de arrefecimento do motor mantém a temperatura do veículo em um determinado patamar que garanta o seu bom funcionamento. O superaquecimento do motor deve ser evitado a todo custo, pois pode causar diversos problemas e até diminuir a vida útil do veículo.

Os combustíveis foram adequações ao longo dos anos para suprir a demanda mundial de consumo. Os fósseis sempre foram alvos de leis e ambientalistas que se preocupam com as emissões de gases provenientes da queima dos motores de combustão interna. Alternativas de combustíveis menos agressivos à natureza foram estudados e vem sendo implantados timidamente ao mercado. Mas sua eficiência energética ainda é um percalço para essas novas soluções de combustíveis.

Referências

- BIZZO, Waldir A. **Combustíveis**. <http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP2.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2015.
- BONNICK A. NEWBOLD D. A **Practical Approach to Motor Vehicle Engineering and Maintenance**, 3ª ed. Routledge: Elsevier, 2011.
- BORSATTI, E. J. **Estudo do sistema duto-trocador de calor compacto para veículos de competição**. Tese (text) — Universidade de São Paulo, set. 2010.
- BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. Tradução de Euryale de Jesus Zerbini et al. 25. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 1232 p.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna Volume 1**. São Paulo: Ed. Blucher, 2012.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. Vol. II. São Paulo: Ed. Blucher, 2012.
- CROUSE, W. H., ANGLIN, D. L., Automotive engine cooling systems. Automotive air conditioning. New York: McGraw-Hill, 1977. HEYWOOD, J. B. **Internal combustion engine fundamentals**. 3ª ed. New York: McGraw-Hill, 1988.
- FONTANA, G., GALLONI, E. **Variable valve timing for fuel economy improvement in a small spark-ignition engine**. Department of Industrial Engineering – University of Cassino p. 96 – 105, 2009.
- GOLDENSTEIN, M., AZEVEDO, R.L.S., **Combustíveis alternativos e inovações no setor Automotivo: será o fim da “era do petróleo”?**
- INCROPERA F.; DEWITT D.; BERGMAN T.; LAVINE A. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- KALGHATGI, G.T. **Developments in internal combustion engines and implications for combustion science and future transport fuels**. Proceedings of the Combustion Institute 35Saudia Arabia p. 101 – 115, 2014
- LANDULFO, F. Água no radiador? Mas nem pensar! O Mecânico, Osasco, ed. 283, p. 46-48, 2017. GRECO, Alessandro. **Da Máquina a vapor aos carros de luxo**. Scientific American História, São Paulo, n.4, p.16-25.
- LIMA, P.C.R. **Biodiesel: Um novo combustível para o Brasil**. CÂMARA DOS DEPUTADOS, Centro de Documentação e Informação, 2005.
- LIMA, P.C.R. **Os carros flexfuel no Brasil**. CÂMARA DOS DEPUTADOS, Centro de Documentação e Informação, 2009.
- MARTINELLI JÚNIOR, L. C. **Introdução às Máquinas de Combustão Interna: Motores de combustão interna**. Panabi: Próprio Autor, 2008.
- MARTINS, Jorge. **Motores de Combustão Interna**. Publindustria. Edições Técnicas 2006.
- MILANEZ, A.Y., FILHO, P.S.C.F., ROSA, S.E.S. **Perspectivas para o Etanol Brasileiro**.
- NAPPO, M. **A Demanda de gasolina: Uma avaliação de suas elasticidades após a introdução dos carros bicombustível**. 02/03/2007. 62 páginas. Dissertação de Mestrado apresentada a Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas.
- OBERT, E.F. 1971, “**Motores de Combustão Interna**”, Editora Globo SA. Porto Alegre



- PIMENTA, B.A. **Influência dos parâmetros de projeto em um motor a combustão interna**. Setembro 2014. 90 páginas. Trabalho de Graduação apresentado a Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
- PLINT, M, A & Martyr, A., 1997 “**Engine Testing Theory and Practice**”, Butterworth-Heinemann
- PUGLIESI, Marcio. **Manual Completo do Automóvel**. São Paulo, SP: Ed. Hemus, 1976.
- QUEIROZ, Mozart Schmitt de. **A experiência brasileira em biocombustíveis**. 2006.
- RECH, C. **Estudo experimental da relação de ar/combustível para máxima potência de um motor de combustão interna, utilizando diversos combustíveis**. Março 2002. 78 páginas. Dissertação de Mestrado apresentado a Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- REIS, A.V.; MACHADO, A.L.T.; TILLMANN, C.A.C.; MORAES, M.L.B. **Motores, tratores, combustíveis e lubrificantes**. Pelotas: UFPel, 1999. 315 p.
- SALVI, B.L., SUBRAMANIAM, K.A., PANWAR, N.L. **Alternative fuels for transportation vehicles: A technical review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 404 – 419, 2013.
- TAYLOR, M.K.P. Alex. **Science review of internal combustion engines**. Department of Mechanical Engineering, London, United Kingdom p. 4657 – 4667, 2008.
- TOLOUEI, Reza. TITHERIDGE, Helena. **Vehicle mass as a determinant of fuel consumption and secondary safety performance**. Transportation Research Part D, United Kingdom, p. 385 – 399, 2009.
- VARELLA, Carlos Alberto Alves. **ESTIMATIVA DA POTÊNCIA DOS MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2009.
- XIANG, L., SUN, J.Q. **Effect of interactions between vehicles and pedestrians on fuel consumption and emissions**. Physica A p. 661 – 675, 2014.

27

A MANUTENÇÃO PREVENTIVA COMO RECURSO PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

*PREVENTIVE MAINTENANCE AS A RESOURCE FOR
REDUCING COSTS IN INDUSTRIAL PRODUCTION*

Deivyt Silva Da Silva

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Francisco Carlos Guedes Rêgo

Jhoseph Andrade Martins

Maycow Douglas de Oliveira Alves

Antonio Merval Machado Tavares

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Resumo

Na economia globalizada, a sobrevivência das organizações depende de sua habilidade e rapidez em inovar e efetuar melhorias contínuas. Como resultado, as indústrias vêm buscando incessantemente novas ferramentas de gerenciamento, que as direcionem para uma maior competitividade através da qualidade e produtividade de seus produtos, processos e serviços. O setor de manutenção é parte fundamental e tem função estratégica na organização de uma indústria. A manutenção é responsável direta pela disponibilidade e performance dos ativos. Por isso, esse setor tem importância concreta na eficiência e nos resultados de uma empresa. Na busca de estratégias de manutenção tecnicamente viáveis e de melhor custo-benefício, foi da indústria que se originou uma das metodologias de manutenção mais utilizadas em termos globais, a qual é conhecida por Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC). De modo abrangente, a MCC tem o propósito de preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção de falhas.

Palavras-chave: Manutenção Preventiva. Redução De Custos. Produção Industrial.

Abstract

In the globalized economy, the survival of organizations depends on their ability and speed to innovate and make continuous improvements. As a result, industries have been incessantly seeking new management tools that direct them towards greater competitiveness through the quality and productivity of their products, processes and services. The maintenance sector is a fundamental part and has a strategic role in the organization of an industry. Maintenance is directly responsible for the availability and performance of assets. Therefore, this sector is of concrete importance in the efficiency and results of a company. In the search for technically viable and cost-effective maintenance strategies, it was the industry that originated one of the most widely used maintenance methodologies globally, which is known as Reliability Centered Maintenance (RCM). Comprehensively, MCC is intended to preserve system functions, identify failure modes that affect those functions, determine the importance of functional failures, and select applicable and effective failure prevention tasks.

Keywords: Preventive Maintenance. Cost Reduction. Industrial production.

1. INTRODUÇÃO

Mediante o constante o desenvolvimento tecnológico vivenciado na produção industrial, as máquinas passaram a figurar como um dos principais recursos das companhias, e a manutenção desses equipamentos, por sua vez, é tratada, comumente, por meio de ações corretivas. Isso tende a resultar em diminuição da qualidade da produção e em aumento dos seus custos. Por conseguinte, levando à paralisação das máquinas, prejudicando, dessa forma, a produção.

A atividade de manutenção necessita deixar de ser somente eficiente para se tornar algo eficaz, isto é, apenas, reparar a máquina, equipamento ou instalação com celeridade não é o suficiente para a produção industrial. Entretanto, sobretudo, é necessário manter a função das máquinas e equipamentos disponível para a operação, prevenindo-os de falhas e diminuindo/evitando os riscos de uma interrupção não planejada da produção.

Nesse contexto, incumbe ressaltar que a manutenção preventiva é empregada com o desígnio de reduzir e evitar quebra, defeitos ou redução do desempenho das máquinas e equipamentos, implicando em atividades como inspeção, reformas e substituição de peças, em todo caso, adotando um planejamento e sendo executada de maneira programada, em intervalos predefinidos. Como resultado, consegue-se impedir falhas que podem interromper a produção da companhia, acarretando-lhe prejuízos.

De modo geral, a efetuação da manutenção preventiva em máquinas e equipamentos na produção industrial, além de confiabilidade e continuidade, também visa a diminuição de custos na fabricação de produtos. A manutenção preventiva pode favorecer a consecução de tal objetivo atuando em peças sobressalentes e evitando incidentes paralisações e desperdício de insumo. A performance reduzida das máquinas e dos equipamentos, que, destarte, diminuem a qualidade da produção, aumentando seus custos, é algo que pode ser impossibilitado através da manutenção preventiva para assegurar a eficiência dos mesmos.

A produtividade de uma companhia possui sólida relação com os seus processos de manutenção. Isto é, um eficaz planejamento e gestão da manutenção contribui significativamente para bons resultados em seus processos, serviços e produtos. No processo de produção industrial, a manutenção tem ligação direta com dois elementos fundamentais para o produto, o preço e o prazo. Tanto o preço como o prazo precisam que as máquinas e os equipamentos operem sem erros e sem desperdícios de insumos, ou seja, que ocorra manutenção preventiva.

Este trabalho se justifica como importante, pois a manutenção preventiva visa impedir que posteriores problemas advenham no processo de produção de uma indústria, de tal forma, garantindo eficiente funcionamento de máquinas e equipamentos por um intervalo de tempo predeterminado. Por conseguinte, evita que o processo de produção manifeste adversidades inesperadas e tenha seu andamento comprometido. Desse modo, a manutenção preventiva, através de planejamento e organização, possibilita uma produção efetiva e uniforme.

O tema optado mostra-se como relevante, pois um dos principais desígnios a ser alcançado com a execução da manutenção preventiva, em uma indústria, por via de regra, é a diminuição de custos dos produtos que a mesma produz. Ademais, a manutenção preventiva pode auxiliar no alcance da diminuição de custos atuando nas peças sobressalentes e evitando interrupções imprevistas e perda de insumos no processo de produção. Isto



é, a qualidade do produto também é um objetivo do qual a manutenção preventiva pode possibilitar o alcance, identificando as máquinas deficientes e otimizando a produção.

Assim, a problemática foi: de que maneira a manutenção preventiva consegue proporcionar diminuição de despesas e aumento de credibilidade entre os envolvidos no processo de produção industrial?

Por isso o objetivo geral: Compreender os benefícios da manutenção preventiva como recurso para a diminuição dos custos na produção industrial. E os objetivos específicos: conceituar manutenção preventiva; relatar as principais características do planejamento da manutenção preventiva; distinguir a execução da manutenção preventiva na produção industrial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para se atingir os objetivos deste trabalho, será utilizada a revisão bibliográfica, com método de pesquisa qualitativa e descritiva, no qual será feita a consulta a livros, artigos de periódicos e de anais de eventos, dissertações e teses.

A busca de materiais será efetuada em biblioteca física e nas bases de dados eletrônicas Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), selecionando-se publicações dos últimos 5 anos (2017 a 2002). As palavras-chave utilizadas na busca serão: manutenção preventiva, redução de custos, planejamento da manutenção, gestão da manutenção.

2.2 Resultados e Discussão

Segundo Wyrebski (2010), a conservação de ferramentas e utensílios é uma técnica historicamente analisada desde o início da civilização. Somente quando os primeiros teares a vapor foram inventados, no século 16, a ordem de manutenção apareceu. Na época, o homem que projetou as máquinas capacitava as pessoas a agir e reparar, apenas interferindo em episódios mais complicados. Até então, o operador era o zelador - eu um mecânico. Muito antes de o conceito de cuidado ser delineado, seus aspectos históricos precisam ser destacados.

Até o século passado, quando as máquinas também eram movidas por motores elétricos, surgiu a figura do engenheiro de manutenção elétrica. Com a necessidade de manter equipamentos, ferramentas ou aparelhos para uso no trabalho, em tempos de paz ou em combate militar em tempos de guerra, tem havido um desenvolvimento consistente de formas de manutenção. Hoje, depois da revolução industrial, Fayol oferece seis funções básicas na empresa, destacando-se a função técnica em relação à produção de bens ou serviços, cuja manutenção é uma parte essencial.

Em relação ao conceito de cuidado, a palavra cuidado, segundo Wyrebski (2010), teve origem na linguagem militar, cujo significado era manter o efetivo e o material constantemente nas unidades de combate. Vale destacar que as unidades que nos interessam são as unidades produtivas da indústria, e a luta é principalmente econômica. A palavra amor no dicionário é deliberadamente como manter a continuidade ou como amar como é.

No dicionário de Aurélio Buarque da Holanda, cuidado significa o conjunto de recur-

tos necessários ao cuidado ou estabilidade de algo ou situação.

O Suporte profissional para o funcionamento satisfatório e constante de motores e máquinas. A definição de cuidado de Larousse consiste em uma série de avaliações ou recursos que permitem manter ou configurar um sistema em seu estado funcional (TAKAHASHI; OSADA, 2012).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas em sua norma ABNT-TB 116 (2011) define manutenção como todos os meios necessários para preservar ou restaurar um item para que possa ser armazenado em condições específicas. Portanto, todas essas definições indicam que manutenção se refere à manutenção de certas coisas, como máquinas e equipamentos. Num conceito mais amplo e abrangente, pode-se citar que significa que, ao proteger o desempenho do equipamento, também levam em consideração os aspectos econômicos, de segurança e ambientais.

Por outro lado, com esse trabalho, busca-se difundir a profissionais de Engenharia Mecânica e demais áreas afins o entendimento de que a manutenção preventiva ocasionar a diminuição de custos, pois é empregada de modo a reduzir e/ou evitar danos em máquinas e equipamentos, prevenindo-os de falhas que podem provocar prejuízos, por exemplo, para uma fábrica, como também impossibilitar a ocorrência de improvisação.

Ao meio acadêmico, este trabalho oferecerá consistente referencial teórico, abordando pontos como a definição de manutenção, gestão da manutenção, manutenção preventiva, planejamento da manutenção preventiva, inspeções periódicas, reformas e trocas de peças, entre outros que poderão servir de fundamentação para posteriores produções acadêmicas relacionadas ao assunto desenvolvido.

A palavra manutenção originou-se de expressão militar, que tinha como significado condicionar as unidades de combate e o material num nível contínuo de aceitação. Por sua vez, a manutenção industrial é compreendida a como garantia da disponibilidade das máquinas e instalações de maneira a atender a um processo produtivo com confiabilidade e baixos custos (KARDEC; NASCIF, 2012).

A concepção de manutenção tem o sentido de uma série de cuidados que objetivam a garantia do eficaz funcionamento do processo de instalação envolvendo o maquinário. A manutenção trata-se de um processo que abrange desde a continuação, o sistema de adequação, a eventual restauração, a previsibilidade de substituição e, por último, a prevenção (WICKERT; LEWIS, 2018).

A manutenção também é uma técnica específica de gerenciamento, com a atribuição de assegurar a disponibilidade da função das máquinas e instalações de modo a cumprir o processo produtivo com confiabilidade, segurança e custos reduzidos. O tipo de manutenção a ser introduzida, como a preventiva, depende de fatores como o tipo de processo, o equipamento, o valor econômico da interrupção de produção, qualidade da mão de obra, entre outros. É necessária uma averiguação abrangente para a definição do tipo adequado a ser aplicado em cada máquina ou equipamento (VIANA, 2022).

Com relação à manutenção preventiva, a mesma decorre quando há intervenção na máquina antes que ela deixe de operar. Por conseguinte, este tipo de manutenção trata-se de uma ação programada, tendo como alicerce a experiência, a estatística ou outra maneira de análise, averiguando os benefícios ou não da retirada do maquinário de operação (WICKERT; LEWIS, 2018).

Ademais, compete mencionar que a manutenção preventiva é o tipo de manutenção aplicada periodicamente nos equipamentos e deve ser ponderada como o cerne das atividades mantenedoras, tendo em vista que diminui a constância de falhas, aumenta a

disponibilidade dos equipamentos e reduz as paralisações inesperadas na produção (KARDEC; NASCIF, 2012).

A manutenção preventiva é realizada antes da eventual falha e quebra, ela tem o objetivo de eliminar ou diminuir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) das instalações em intervalos de predefinidos. Outrossim, pode-se entender que é uma manutenção feita com a finalidade de reduzir probabilidade de falha ou a degradação de maquinários, instalações ou sistemas (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2018).

Ademais, a manutenção preventiva é uma técnica que sustenta o controle constante sobre as máquinas, desempenhando as operações adequadas para manter o bom funcionamento dos mesmos. Esse método de manutenção será mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição; quanto mais elevados forem os custos de falhas; quanto mais as falhas afetarem os processos e quanto maiores forem as decorrências das falhas na segurança da equipe e no sistema operacional (SCHOEPS, 2022).

É relevante frisar que a manutenção preventiva ocorre de uma forma planejada, onde este tipo de manutenção está ligado diretamente com o processo de planejamento estratégico, necessitando que ocorra o planejamento de quais manutenções e enquanto tempo será realizada, tentando ajustar as necessidades de produção da empresa com as necessidades de manutenção do equipamento através da gestão de manutenção (WICKERT; LEWIS, 2018).

O planejamento da manutenção preventiva é um fator fundamental para um correto gerenciamento da área de manutenção e é um dos responsáveis por elevar os índices de disponibilidade e credibilidade dos ativos. Este planejamento trata-se de um documento que registra as tarefas de manutenção preventiva, bem como a sua periodicidade, localização da máquina, materiais e peças que precisarão ser utilizadas e quem são os colaboradores responsáveis pela efetivação das atividades (VIANA, 2022).

Além do mais, este planejamento deve ser elaborado de forma eficaz, pois o mesmo demanda a realização de ajustes e cuidados peculiares constantemente. Por ventura, as máquinas e equipamentos sofrem degradação com o passar do tempo, no entanto, com uma ação preventiva é possível fazer com que os equipamentos funcionem por um período de tempo maior (XENOS, 2018).

O planejamento da manutenção preventiva necessita ser desenvolvido em forma de roteiro, em que auxiliará de apoio para que todos os trabalhadores envolvidos com a manutenção consigam efetivar todas as atividades de modo padronizado, seguro e com elevado índice de qualidade. Nesse planejamento, é essencial constar todos os dados e informações que instruem os profissionais responsáveis de maneira intuitiva e sirvam de base para tomada de decisões em período hábil (BRANCO FILHO, 2008).

O planejamento da manutenção preventiva deve ser traçado de forma clara e objetiva, apresentando principalmente aspectos de segurança, de uniformização e de nível de qualidade. Também vale frisar que no planejamento da manutenção preventiva devem ser incluídas as informações que orientem de modo intuitivo os colaboradores e possam servir de fundamento para a tomada de decisões habilmente (VIANA, 2022).

Toda e qualquer atividade da área de manutenção necessita ser planejada previamente, o planejamento de medidas está associado de forma direta com a diminuição de custos de manutenção e aumento de indicadores relevantes com confiabilidade e disponibilidade. Compete salientar que uma das vantagens de maior importância do planejamento da manutenção preventiva é a redução de desperdícios. Seja desperdício de mão

de obra, tempo ou insumos (GARCIA; LIMA, 2018).

Acerca da execução da manutenção preventiva, é relevante mencionar que a seleção de uma estratégia que simplifique e justifique o seu emprego é papel atribuído ao Gerente de Manutenção da companhia, sendo que seus argumentos necessitam ter como principais fundamentos a busca pela diminuição de custos de manutenção e pela alta produtividade (ABREU, 2022).

Por outro lado, para a obtenção de sucesso na aplicabilidade da manutenção preventiva, se faz necessário sustentar e controlar as fichas das máquinas atualizadas, já que é nesses registros de inspeção que está o alicerce das informações e programação da sua manutenção. Ademais, esses registros podem ser manuais, planilhas eletrônicas ou software específico para manutenção (SILVA *et al.*, 2020).

Contudo, é preciso utilização de uma planilha eletrônica com o intuito de armazenar todas as informações pertinentes à manutenção dos maquinários ordens de serviço e ordens de manutenção. Desse modo, será plausível manter um histórico de toda a manutenção de cada máquina, quando foi executada, qual seu valor, razões das paradas, período de paradas e indicadores de performance mensal (MARCON; THOMAZ; BRESCIANI, 2019).

Com essa gestão, o responsável pela área de manutenção terá uma base para tomada de decisões gerenciais, podendo propiciar maior rentabilidade, uso mais eficiente dos recursos de mão de obra, materiais e equipamentos. Para a implantação da manutenção preventiva, é importante o emprego dos indicadores de disponibilidade, tempo médio entre falhas e tempo médio para reparo (COSTA NETO; CAMPOS, 2021).

A manutenção tipo preventiva tem como finalidade prevenir paradas e falhas de peças e componentes de variados tipos de maquinários sejam eles automotivos, industriais, hidráulicos etc. Planejar reparos e controlar o monitoramento de equipamentos ou mesmo automóveis é o modo mais correto de prevenir a interrupção das tarefas. Isto é, o método mais eficaz para as organizações controlarem suas máquinas sem precisar desligá-las ou mesmo perdê-las por carência de manutenção adaptada (KOMNINAKIS; PIRATELLI; ACHCAR, 2018).

Em relação aos tipos de cuidados, pode-se citar que eles possuem duas classificações: os planejados e os não planejados. Para que possamos necessariamente separar os três tipos de cuidados mais comuns, a saber: Corretivo, Preventivo e Preditivo.

A manutenção corretiva, segundo Wyrebski (2010), é intencional como uma atividade que resta para corrigir falhas decorrentes do desgaste ou degradação de máquinas ou equipamentos. São as reparações das peças que sofreram a avaria, que podem ser: reparações, alinhamentos, balanceamentos, substituição de peças ou substituição do próprio equipamento. Nesse caso, o item ou equipamento não mais atende a uma ou mais de suas localizações, conforme modelos mínimos constituídos.

A adoção de uma política de manutenção principalmente corretiva e não planejada, além de envolver elevados custos, deixa a empresa à mercê do acaso, com os impactos de falha, catastrófica ou não, observada somente após a ocorrência de este. Segundo Kardec (2018), a vantagem do trabalho planejado em relação ao não planejado é que ele é sempre mais barato, rápido, seguro e de melhor qualidade.

Ainda de acordo com Kardec e Nascif (2018), a adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode resultar de vários fatores, entre os quais: possibilidade de compatibilizar a necessidade de intervenção com os interesses da produção; segurança; melhor planejamento dos serviços de manutenção; garantir a existência de peças sobressalentes, equipamentos e ferramentas; existência de recursos humanos equipados com a

tecnologia necessária à execução dos serviços e em quantidade suficiente, mesmo com -tratamento.

3. CONCLUSÃO

A manutenção é usada há décadas nos setores naval, industrial e automotivo para fornecer melhorias e eficiência de equipamentos de alta precisão, pois podem evitar algo mais perigoso, como um acidente que pode causar ferimentos pessoais e danos materiais. Vale ressaltar também que a manutenção preventiva é mais barata do que a corretiva.

A manutenção redução de custos na produção industrial necessariamente lhes garante a máxima vida útil e visa atestar sua qualidade e correto funcionamento. Para este efeito, os tempos de manutenção são definidos em intervalos fixos, ou seja, diária, semanal, mensal, semestral e anual.

Para evitar recuo e operação inadequada do sistema de injeção do motor diesel, primeiro siga o manual do fabricante. Da mesma forma, o veículo pode ser mantido em boas condições, o que prolonga sua vida útil, além de manter o consumo médio de combustível e as emissões poluentes dentro dos modelos e garantir a segurança do motorista e ocupante.

Referências

- ABREU, T. R. Principais conceitos na implantação da sistemática de manutenção nas indústrias. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, e23911124652, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/24652/22179/296446>. Acesso em: 1 maio 2022.
- BRANCO FILHO, G. **Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- COSTA NETO, L. G.; CAMPOS, F. C. O Novo Enfoque da Manutenção Preventiva das Máquinas e Equipamentos dos Processos Industriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 41., 2021, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos** [...]. Foz do Iguaçu, 2021. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_354_1822_41989.pdf. Acesso em: 3 maio 2022.
- GARCIA, F. L.; NUNES, F. L. Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso. **Tecnologia e Tendências**, ano 13, v. 10, n. 2, p. 1-27, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistatecnologiaetendencias/article/download/1342/2075>. Acesso em: 1 maio 2022.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 5. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.
- KOMNINAKIS, D.; PIRATELLI, C. L.; ACHCAR, J. A. Análise de confiabilidade para formulação de estratégia de manutenção de equipamentos em uma empresa da indústria alimentícia. **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 560-592, 2018. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/2871/1666>. Acesso em: 3 maio 2022.
- MARCON, C. A.; THOMAZ, M. R.; BRESCIANI, D. Implantação da manutenção preventiva em uma metalúrgica do oeste de Santa Catarina. **Revista Tecnológica**, v. 9, n. 1, p. 264-280, 2019. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/download/333/292>. Acesso em: 1 maio 2022.
- SCHOEPS, W. **Manual de Administração da Produção**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2022.
- SILVA, L. F. *et al.* Estudos sobre a manutenção preventiva e preditiva: história e perspectivas para indústria brasileira. **Anais do Simpósio Nacional de Ciências e Engenharias**, v. 5, n. 1, p. 94-111, 2020. Disponível em: <http://anais.unievangelica.edu.br/index.php/SINACEN/article/view/7589/3751>. Acesso em: 3 maio 2022.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- VIANA, H. **PCM: Planejamento e Controle da Manutenção**. 2. ed. Rio de Janeiro: QualityMark, 2022.

WICKERT, J.; LEWIS, K. **Introdução à Engenharia Mecânica**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2018.
XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Falconi, 2018.



28

**APLICAÇÃO DO COMANDO NUMÉRICO
COMPUTADORIZADO NOS PROCESSOS DE USINAGEM**
*APPLICATION OF COMPUTERIZED NUMERICAL CONTROL
IN MACHINING PROCESSES*

Laura Carvalho Vieira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O artigo teve como objetivo descrever as principais vantagens e características da utilização de tecnologia CNC na usinagem. A metodologia do trabalho foi uma Revisão de Literatura das obras dos principais autores que tratam sobre o tema. Através deste trabalho foi possível identificar que máquinas com CNC empregadas na usinagem otimizam o processo de fabricação mecânica, diminuindo o tempo de produção de peças e aumentando a qualidade do produto final, e possuem um melhor desempenho no desenvolvimento das tarefas quando comparadas às máquinas manuais. Constatou-se que a otimização do processo é consequência de uma rápida velocidade de corte, flexibilidade na troca de ferramentas, precisão no acabamento das peças, diminuição da possibilidade de erro humano, pois, na usinagem com equipamentos CNC o operador não trabalha diretamente usinando as peças, as máquinas são as responsáveis por executar o trabalho seguindo os comandos do programa desenvolvido em um software, como o Desenho Auxiliado por Computador (CAD) e Manufatura Auxiliada por Computador (CAM), por exemplo. No estudo também foi identificado que máquinas CNC têm um custo mais elevado, porém, é possível ter um retorno financeiro a curto prazo, portanto, são eficazes na relação custo-benefício. Além disso, foi observado que a usinagem CNC oferece mais segurança para os operadores e exige qualificação dos profissionais. Com a análise das obras, foi demonstrado a relevância do comando numérico computadorizado na usinagem e como modificou a fabricação mecânica nas indústrias.

Palavras-chave: Processos de fabricação, Usinagem CNC, Torneamento, Centros de usinagem, Controle numérico.

Abstract

The article aimed to describe the main advantages and characteristics of using CNC technology in machining. The methodology of the work was a Literature Review of the works of the main authors who deal with the subject. Through this work it was possible to identify that CNC machines employed in machining optimize the mechanical manufacturing process, reducing the production time of parts and increasing the quality of the final product, and have a better performance in the development of tasks when compared to manual machines. It was found that the optimization of the process is a consequence of a fast cutting speed, flexibility in the tool change, precision in the finishing of the parts, reduction of the possibility of human error, because, in the machining with CNC equipment the operator does not work directly machining the parts, the machines are responsible for performing the work following the commands of the program developed in a software, such as Computer Aided Design (CAD) and Computer Aided Manufacturing (CAM), for example. In the study it was also identified that CNC machines have a higher cost, however, it is possible to have a financial return in the short term, therefore, they are cost-effective. In addition, it was observed that CNC machining offers more safety for operators and requires the qualification of professionals. With the analysis of the works, the relevance of the computerized numerical control in machining and how it has modified mechanical manufacturing in the industries was demonstrated.

Keywords: Manufacturing processes, CNC Machining, Turning, Machining centers, Numerical control.



1. INTRODUÇÃO

Usinar significa modelar um produto bruto e transformá-lo em uma peça ou ferramenta com características, dimensões e formas específicas. É possível usinar diversos tipos de materiais, como o ferro, aço, alumínio, cobre, bronze, plástico, entre outros. A usinagem é um processo de fabricação mecânica e pode ser realizada em tornos mecânicos, fresadoras, retíficas, máquinas de corte, centros de usinagem, e com o objetivo de otimizar o desempenho destas máquinas foi introduzido o comando numérico computadorizado (CNC) nos processos de usinagem.

De acordo com isso, este trabalho conduz ao seguinte problema: com o avanço da tecnologia e a implantação de programas de software que automatizam os processos de usinagem nas indústrias, o que possibilita a otimização na produção de peças, como o CNC revolucionou os processos de fabricação e quais as vantagens da aplicação do CNC nos processos de usinagem?

Portanto, os objetivos deste trabalho foram descrever e demonstrar as vantagens de utilizar o comando numérico computadorizado nos processos de usinagem, apresentar as qualidades das máquinas CNC e como seu funcionamento, métodos e técnicas pode possibilitar um trabalho mais rápido, seguro e de alta precisão.

O Comando Numérico Computadorizado (CNC), é um sistema em que um computador programado com um software envia comandos para uma máquina executar. A introdução do CNC na usinagem modificou a cadeia de produção nas indústrias, a fabricação em série de peças aumentou enquanto o tempo necessário para realizar as tarefas diminuiu, as peças prontas têm qualidades e acabamentos excelentes, e o CNC proporcionou mais segurança na execução das tarefas.

As máquinas CNC são mais caras que equipamentos operados manualmente, porém, com o uso correto e profissionais qualificados para executar as tarefas, o investimento em tecnologia CNC traz bons resultados. A usinagem com máquinas CNC é considerada de alta precisão e um dos mais importantes processos de fabricação, é empregada nos maiores setores industriais, como o automotivo, metalúrgico, hospitalar, aeroespacial, naval, eletrônico. O CNC está em constante evolução e aprimoramento e, possui um importante papel na Indústria 4.0, que é conhecida como a Quarta Revolução Industrial e foca na automatização de processos e desenvolvimento de novas tecnologias.

O CNC oferece muitos benefícios para a usinagem, como rapidez na operação do trabalho, relação custo-benefício, maior flexibilidade de ferramentas, produção em série, multifuncionalidade em uma mesma máquina e maior segurança para quem estiver operando a máquina. Na usinagem ainda são muito utilizadas as máquinas ferramentas operadas manualmente, entretanto a tendência é que elas sejam substituídas por máquinas automatizadas, pois estas possuem um melhor desempenho. A partir disso se torna interessante o aprofundamento nos estudos em sistemas automatizados como o comando numérico computadorizado aplicado na usinagem, e como sua utilização e eficácia modificaram a produção industrial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este estudo foi uma Revisão de Literatura, portanto, é uma pesquisa baseada em obras literárias, onde foram feitos levantamentos sobre as características do comando numérico computadorizado nos processos de usinagem, vantagens, desvantagens e a influência e contribuição para o desenvolvimento industrial. A consulta foi realizada em artigos, dissertações online e livros. A Revisão de Literatura foi baseada em obras como a Introdução ao CNC, Manufatura Mecânica: Usinagem, Introdução à Usinagem com CNC, Práticas em Processos de Fabricação Mecânica, Usinagem Avançada, publicadas nos últimos 15 anos.

2.2 Resultados e Discussão

Os resultados foram obtidos a partir do estudo das obras e baseados de acordo com o problema e objetivos do artigo.

2.2.1 Evolução e o impacto do Comando Numérico Computadorizado na usinagem

De acordo com os estudos de Marcicano (s.d), as máquinas CNC surgiram do Controle Numérico (CN), que é um método que controla os movimentos de máquinas pela interpretação direta de instruções codificadas na forma de números e letras. O sistema interpreta os dados e gera o sinal de saída que controla os componentes da máquina.

Para Fitzpatrick (2013), entre as décadas de 40 e 60 a maior parte da usinagem era manual e já era possível programar algumas máquinas e ferramentas utilizando uma fita programável. O comando numérico era usado apenas para produzir grandes quantidades de peças iguais, pois programar era uma atividade complexa e demorada. Segundo o autor, a programação evoluiu a partir da década de 60 com o desenvolvimento dos softwares e dos computadores, surge assim o comando numérico computadorizado, e possibilita a construção de máquinas programáveis com um melhor desempenho na produção. Ainda segundo o autor, na década de 90, o CNC foi responsável por dois importantes fatores, a geração de novos empregos, que surgiu com a necessidade de profissionais qualificados no chão de fábrica para serem operadores de máquinas CNC, e o crescimento acelerado da presença das máquinas programáveis no chão de fábrica, que passaram a representar quase 100% das máquinas nas grandes indústrias e a partir disso, o planejamento do trabalho passou a ser feito com base na manufatura com CNC.

De acordo com Marcicano (s.d), uma fresadora vertical copiadora que era utilizada no fresamento frontal de alumínio foi o primeiro protótipo de máquina CN, construído em 1952 no *Massachusetts Institute of Technology*. O primeiro experimento na fresadora foi satisfatório, utilizando uma fita perfurada para armazenar os dados do comando, as peças foram fabricadas com sucesso. Posteriormente, quando estas máquinas foram equipadas com controle numérico computadorizado (CNC), ocorreu uma ampliação na flexibilidade, precisão e versatilidade do equipamento. Segundo o autor, com a implantação do CNC o controle por hardware é substituído por *software* e nos sistemas CNC cada máquina é equipada com seu próprio processador.

No estudo de Casarin (2018), as máquinas de usinagem com CNC possibilitaram a produção em larga escala nas indústrias e a redução de custos, uma vez que o tempo de

desbaste, troca de ferramentas e o desperdício de materiais diminuiu. Um exemplo desse aprimoramento é o Centro de Usinagem, que é uma máquina multifuncional, ou seja, em um mesmo equipamento é possível fazer várias operações de usinagem, tais como fresamento, furação, torneamento etc., tudo isto de forma automática usando os códigos e comandos enviados por um computador. Uma peça fundamental nos centros de usinagem é o porta-ferramenta do tipo revólver, ele permite a troca de ferramentas de forma rápida e segura através de um programa comandado pelo controle numérico e ainda oferece uma diversidade de operações, o que otimiza o tempo de usinagem das peças. O porta-ferramenta do tipo revólver influencia diretamente na alta velocidade de trabalho da usinagem. A seguir, a Figura 1 mostra um porta-ferramenta do tipo revólver:



Figura 1 – Porta-ferramenta motorizado para torno CNC

Fonte: Casarin (2018, p.165)

O porta-ferramenta da Figura 1 é um componente de um torno CNC, e seu funcionamento é controlado pelo controle numérico, o componente gira até a ferramenta ficar na posição de trabalho desejada, ou seja, se for para fazer um corte ou perfurar a peça, o suporte vai girar até chegar na ferramenta de corte ou na broca de perfuração. O porta-ferramenta do tipo revólver é uma grande evolução na usinagem quando comparado aos das máquinas manuais, onde após cada etapa realizada é preciso parar o serviço para trocar manualmente a ferramenta para a tarefa seguinte. A quantidade de ferramentas usadas em um porta-ferramenta de uma máquina CNC depende da geometria da peça que será usinada.

Para Coelho, Oliveira e Silva (2013), além do magazine de ferramentas, as máquinas de usinagem CNC também têm cabeçotes móveis e fixos, carro principal, eixo-árvore, e as guias passaram por melhorias para possibilitar maiores velocidades de movimentos de avanço, como é o caso do torno CNC, onde foram colocadas sapatas contendo esferas ou rolos que causam menor atrito durante o movimento, o que conseqüentemente facilita o deslocamento.

Como no centro de usinagem é possível realizar vários processos em uma mesma máquina, isso evita que as peças fabricadas tenham, por exemplo, problemas dimensionais e irregularidades internas e externas causados pela mudança da peça de uma máquina para outra.

Silva (2015), aponta que com a demanda constante do mercado industrial e consumidor por novas tecnologias e melhorias dos processos, as máquinas com CNC possibilitaram uma resposta eficaz e rápida a essa demanda, com um único equipamento com CNC equivalendo a mais de cinco máquinas convencionais quando se trata de grandes produções.

De acordo com as literaturas estudadas, há algumas divergências entre os autores sobre qual foi a primeira máquina de usinagem com CNC e em qual contexto ela surgiu, mas todos asseguram a importância da mudança que houve no ciclo de produção nas fábricas com a introdução do comando numérico computadorizado.

2.2.2 A segurança na usinagem com CNC

Outro ponto importante com a implantação do CNC na usinagem é o aumento da segurança para o operador da máquina. Na usinagem manual o operador trabalha diretamente em contato com ferramentas de corte, elementos giratórios, fluidos refrigerantes tóxicos e o cavaco, que é o material removido da peça durante a usinagem, pode causar pequenas queimaduras e cortes em contato com a pele.

Segundo Coelho, Oliveira e Silva (2013), no torno CNC, por exemplo, a estrutura e o arranjo físico da máquina tiveram que ser atualizados e adaptados para desempenhar melhor suas funções com a adição do CNC, a velocidade de corte do torno aumentou e a área de trabalho foi confinada minimizando riscos ao operador e ao meio ambiente. Entretanto, ainda segundo os autores, o programador deve ter atenção na elaboração do programa, com o desenvolvimento de um projeto que proporcione segurança para o operador, para o equipamento e para o meio ambiente, e o operador deve ter o máximo de cuidado na operação das máquinas CNC, pois as máquinas têm movimentos de aproximadamente 25-80 m/min, equivalente a 500 mm/s e a potência do eixo-árvore das máquinas é entre 20 e 30 kW.

Para operações de usinagem, seja ela convencional ou com CNC, é indispensável o uso de equipamento de proteção individual (EPI), principalmente óculos e luvas. Também é importante que as máquinas sejam instaladas em locais seguros e que o operador conheça e respeite as normas de segurança da máquina, a segurança no trabalho é fundamental para evitar acidentes.

Alves e Oliveira (2005), identificaram alguns problemas ambientais, como efeitos nocivos à atmosfera, degradação do solo e dos recursos hídricos, e danos causados à saúde do operador, associados ao uso dos fluidos refrigerantes utilizados durante a usinagem. O fluido refrigerante é responsável por minimizar o aquecimento através da lubrificação entre a ferramenta e a peça, tornar mais fácil a remoção do cavaco, aumentar a vida útil da ferramenta, e funciona também como anticorrosivo, possibilitando assim mais eficiência e qualidade em todo o processo produtivo. Para os autores, além do fluido ser descartado de forma correta também é importante evitar sua perda durante a usinagem, que pode ocorrer através da vaporização e de vazamentos nos componentes das máquinas, causando perigo e prejuízos. Os autores afirmam que nos processos produtivos, como no caso da usinagem, podem ser introduzidas técnicas de Produção Mais Limpa, que são estratégias ambientais preventivas que podem ser aplicadas em processos, serviços e produtos.

De acordo com Coelho, Oliveira e Silva (2013), a tendência é que os problemas ambientais causados pelo fluido de corte limitem seu uso na usinagem CNC, e como uma alternativa mais sustentável foi desenvolvido o sistema MQF (Mínima Quantidade de Fluido), onde um fluxo de ar comprimido direciona pequenas quantidades de óleo para a região de formação de cavaco. O sistema MQF utiliza cerca de 20-60 ml/h de fluido, enquanto no sistema de fluido em abundância são gastos por volta de 20-50 l/min. Ainda segundo os autores, o fluido é importante no desbaste das peças, pois nesse processo a geração de calor é grande, e a estrutura física da máquina, com a área de trabalho confinada possibilita que o refrigerante seja usado com abundância.

Para Casarin (2018), durante a usinagem pode ser utilizado ou não o fluido de corte, dependendo do material da peça e da ferramenta de corte utilizada. Na usinagem com CNC os fluidos refrigerantes possuem uma ligação direta com a velocidade de corte desenvolvida pela máquina, pois neste processo a velocidade de corte da usinagem é superior à de máquinas manuais. A seguir, na Figura 2 está sendo usado o fluido refrigerante durante a usinagem de uma peça:



Figura 2 - Peça lubrificada com fluido refrigerante durante usinagem

Fonte: Fitzpatrick (2013, p. 69)

Na figura 2, a peça está presa no cabeçote de uma fresadora e o líquido refrigerante está lubrificando a peça e removendo resquícios de cavaco.

Há concordâncias e discordâncias entre os autores sobre a necessidade do uso de fluidos de corte durante a usinagem, entretanto, é conhecido que um dos principais fatores que justificam seu uso é a alta velocidade de corte, que gera calor na zona de trabalho fazendo com que a peça e ferramenta esquentem muito, e os fluidos ainda são a solução mais conhecida e utilizada para lidar com esse problema. Já existem no mercado soluções consideradas menos agressivas que podem substituir os fluidos refrigerantes, como é o caso da utilização do ar comprimido e óleos sob alta pressão. É fundamental uma melhoria nos processos de fabricação mecânica que reduza ao máximo os riscos para a saúde dos profissionais e do meio ambiente. O avanço da usinagem CNC nas indústrias precisa estar conectado às práticas de produção sustentáveis.

2.2.3 Características da usinagem CNC

Máquinas de usinagem CNC são projetadas e desenvolvidas com o objetivo de o equipamento ter um desempenho maior que máquinas convencionais. As empresas que comercializam máquinas CNC próprias para a usinagem de peças, oferecem uma grande variedade de equipamentos capazes de realizar diversas funções de usinagem. A escolha pela máquina CNC ideal ou entre um equipamento convencional e um CNC depende da quantidade de peças que serão fabricadas, o valor disponível para investimento e quais características específicas de cada máquina são melhores para realizar o trabalho.

No estudo de Casarin (2018), a velocidade de corte é um parâmetro importante na usinagem CNC, pois possui relação com o custo e a economia que o processo pode gerar. De acordo com o autor, é preciso que o operador defina corretamente os parâmetros de corte para que a velocidade não seja muito alta para não ocasionar um desgaste muito rápido da ferramenta de corte, e baixas velocidades consequentemente aumentam o tempo de trabalho.

De acordo com Coelho, Oliveira e Silva (2015), são utilizadas na usinagem CNC ferra-

mentas de corte que possuem uma maior resistência ao desgaste, como é o caso do carbeto de tungstênio (WC) e as cerâmicas.

Segundo Casarin (2018), para desenvolver um projeto com usinagem CNC é necessário conhecer os detalhes, as características e a geometria da peça que será usinada, o tipo de ferramenta que será utilizada e qual máquina é mais apropriada para realizar a usinagem. Para auxiliar na criação, planejamento e desenvolvimento do projeto, do desenho técnico, esboço, programação etc., são utilizados programas como o CAD (Desenho Assistido por Computador), CAM (Manufatura Assistida por Computador) e CAPP (Processo de Planejamento Assistido por Computador).

No estudo de Coelho, Oliveira e Silva (2013), a programação manual é insubstituível para a usinagem de baixa complexidade e nas atividades que realizam movimentos de geometrias complexas é recomendado utilizar o programa CAM na produção do CNC.

Segundo Marcicano (s.d), os sistemas CAD, CAM e CAPP empregados na programação do CNC possibilitam a simulação de testes para descobrir possíveis problemas que podem ocorrer durante a usinagem. De acordo com o autor, as máquinas CNC têm a precisão de posicionamento, ou seja, o erro entre a posição desejada e a posição real, de aproximadamente $\pm 3 \mu\text{m}$, e o valor da repetibilidade, que é considerada como um erro de posicionamento que a máquina atinge após repetir os mesmos movimentos durante o trabalho, é cerca de $\pm 8 \mu\text{m}$.

2.2.3.1 Sistemas de coordenadas e linguagem de programação

Para desbastar uma peça ou fazer um simples furo usando uma máquina CNC é preciso programar o equipamento com todos os passos que devem ser executados para criar a peça e isso varia de acordo com cada projeto. Dessa forma, O CNC é programado em códigos G/M através de softwares como o CAD e o CAM.

Rebeyka (2008), afirma que na programação de uma máquina CNC é necessário estabelecer sistemas de referência entre a ferramenta e a peça, nos quais possam ser descritas posições relativas entre as ferramentas de fabricação e as peças a serem fabricadas.

Segundo Harbs (2012), com a difusão global do CNC e o avanço das máquinas que utilizavam a tecnologia foi preciso criar uma norma regulamentadora. A Norma ISO 6983 regulamenta e padroniza as operações realizadas nas máquinas utilizando a programação dos códigos G/M que descrevem os movimentos da ferramenta.

As normas ISO (Organização Internacional de Padronização) são regulamentações internacionais que certificam a gestão de qualidade de processos e produtos. A Norma ISO 6983 dá credibilidade para a programação CNC e reconhece sua importância e relevância para os processos.

Para Casarin (2018), o código G é utilizado para fazer a programação de máquinas em CNC. A programação é formada por blocos e linhas de comando que enviam para a máquina o que deve ser executado. São utilizados na programação os códigos G00 e G01, o primeiro refere-se ao avanço rápido e o segundo ao avanço linear. Já os códigos G02 e G03 referem-se respectivamente à interpolação circular horária, responsável por movimentar a ferramenta no sentido horário, e interpolação circular anti-horária, que movimenta a ferramenta no sentido anti-horário. Existem outros códigos de comando essenciais para a programação, são eles: códigos de informação de geometria (X, Y, Z, R0, I, J, K), códigos de funções auxiliares (N, O, S, E, H, D, F, Q), códigos M básicos (M00, M01, M02, M03, M04, M05, M06T, M08, M09), entre outros.



Segundo Oliveira Júnior e Silva (2016), a função G01 é utilizada no processo de usinagem e necessita de um avanço programado para movimentação dos eixos, enquanto a função G00 é usada para posicionamento, ou seja, aproximação e recuo da ferramenta e não pode ser usada de forma alguma na usinagem direta de peças, pois refere-se ao avanço rápido e os movimentos são executados com a velocidade máxima da máquina. Ainda segundo os autores, as funções preparatórias são propriedades muito importantes na programação. As funções são códigos que indicam ao comando as operações que devem ser feitas e normalmente são compostas por uma letra e um número, e dividem-se em funções modais, que são códigos que ficam gravados na memória do programa e podem ser usados posteriormente, como os códigos G00 e G01, e funções não modais, que são os códigos desativados no fim de cada tarefa.

De acordo com Fitzpatrick (2013), o sistema de coordenadas é que define a trajetória da ferramenta na máquina CNC, este sistema pode ser incremental ou absoluto. Há nove eixos padrões universalmente utilizados na usinagem CNC no sistema de coordenadas. Três eixos lineares primários, com movimentos em linha reta (X, Y e Z), três eixos de rotação primários (A, B e C) e três eixos secundários em linha reta, chamados de eixos lineares auxiliares (U, V, W).

O que torna a usinagem CNC tão eficiente para a fabricação de peças é a junção desse conjunto de características. A diversidade de ferramentas também contribui para a produção de peças de formato simples até peças de geometria muito complexa. As brocas, machos, fresas e insertos, são exemplos de ferramentas usadas na usinagem, elas fazem desbaste, torneamento, chanfro, faceamento, furos de centro etc. Essas ferramentas são capazes de produzir parafusos, porcas, arruelas, rolamentos, coroas, engrenagens, buchas, flanges de aço, pinos, válvulas etc. Os eixos circulares e lineares das máquinas somado ao formato das ferramentas possibilitam a usinagem em diversos ângulos.

2.2.4 Vantagens e desvantagens do CNC na usinagem

De acordo com Marcicano (s.d), as máquinas CNC possuem algumas vantagens quando comparadas aos equipamentos manuais. Segundo o autor, apesar das máquinas CNC trabalharem com uma alta produtividade é possível ter peças complexas com grande precisão dimensional, e os programas podem ser preparados rapidamente, podendo ficar armazenados para serem usados posteriormente, o que evita o desperdício de tempo para repetir a programação de uma atividade feita anteriormente. Ainda segundo Marcicano (s.d), o custo e a manutenção das máquinas CNC são mais caros que os das máquinas manuais, porém, o retorno financeiro na relação custo-benefício é maior que o dos equipamentos manuais.

Segundo Volpato (2018), a presença do CNC nos processos de fabricação tem influência direta na forma de trabalho de quem opera a máquina, isto é, o operador ou programador leva menos tempo na execução das tarefas e é mais fácil realizar o setup, ou seja, preparar a máquina para o trabalho. Nas máquinas manuais antes de executar a usinagem em um torno ou fresadora, por exemplo, o operador precisa interpretar a ordem de serviço e o desenho da peça e a partir disto decidir como realizar a tarefa, e ainda preparar a máquina, ou seja, limpar, lubrificar, montar as ferramentas etc., o que leva um tempo mais longo até o início da usinagem. Nas máquinas CNC, o operador já recebe o programa pronto, o documento com as informações do projeto a ser desenvolvido, junto com o dispositivo de fixação e a matéria-prima para produzir a peça. O programa com o comando numérico direciona o deslocamento da ferramenta e faz a troca automática por outra fer-

ramenta quando for necessário, administra a velocidade de corte, o sentido de avanço e rotação da ferramenta e ainda controla o fluido refrigerante.

No estudo de Generoso (2011), na usinagem com máquinas CNC podem ser produzidas peças idênticas, de geometria complexa e com um melhor acabamento, independente da habilidade do operador, e essas máquinas ainda proporcionam um ambiente mais seguro para o funcionário executar suas tarefas, pois há a redução de fadiga causada pela demora na operação da usinagem, o operador se torna responsável apenas pela preparação, programação e controle da máquina. Segundo o autor, as máquinas CNC precisam de um alto investimento e funcionários treinados e capacitados para utilizar todo o potencial de produção que os equipamentos oferecem. Ainda, segundo o autor, com a implantação de máquinas CNC nas indústrias, o desemprego aumentou, uma vez que um único funcionário pode operar várias máquinas ao mesmo tempo, e uma possível solução para esse problema é oferecer treinamento para os funcionários executarem outras funções dentro da empresa assumindo novos postos de trabalho.

Coelho, Oliveira e Silva (2013), afirmam que na usinagem de uma peça com formato esférico de geometria complexa, por exemplo, em um torno manual levaria mais tempo para ser produzida e exigiria alta eficiência e habilidade do operador, enquanto que em um torno CNC seria necessário apenas algumas linhas de comando para realizar a usinagem, e em comparação com a máquina manual, a qualidade e a precisão dimensional seriam muito melhores. Porém, os autores ressaltam que para usinar apenas uma peça, o tempo de preparação da operação seria maior no torno CNC, o que pode custar mais caro. Para os autores, outra característica dos tornos CNC é a capacidade de realizar fresamento e furação fora de centro, o que não é recomendado fazer em um torno convencional.

A usinagem CNC possibilitou que a excelência do processo deixasse de depender somente da habilidade do operador. As máquinas são feitas para desempenhar um trabalho de alta precisão dependendo principalmente do programa que será executado. Em contrapartida, as indústrias enfrentam um grande desafio que é a contratação de profissionais qualificados para trabalhar com a usinagem CNC, ainda são poucos os operadores, é pequena a oferta de cursos de capacitação na área e falta investimento no setor da educação técnica gratuita para a formação de profissionais para a área tecnológica.

3. CONCLUSÃO

O desenvolvimento industrial é uma das consequências do avanço tecnológico. A usinagem é um dos mais antigos processos de fabricação mecânica e auxiliou no crescimento das indústrias, e com a adição do comando numérico computadorizado, as máquinas aumentaram sua capacidade produtiva. O principal objetivo deste artigo foi demonstrar as vantagens da usinagem CNC em comparação com a usinagem convencional, e sua relação com a produção mecânica industrial. Foi possível perceber que máquinas CNC apesar de serem mais caras, são mais eficazes para a produção em série, para a fabricação de peças de geometria complexa, oferecem mais segurança para o operador, reduzem o desperdício de material e tempo de produção.

A usinagem com CNC necessita de profissionais qualificados para a programação e operação. A usinagem manual, em um torno ou fresadora por exemplo, não é muito complexa, assim como a usinagem CNC em um centro de usinagem, porém, para usinar de forma correta usando a máxima capacidade que a máquina CNC oferece, é preciso conhecer o projeto, o equipamento e as características de seus componentes. Os profissionais também precisam ter domínio da operação visando a própria segurança e para evitar a



quebra da máquina por uso incorreto, evitando uma parada na produção e consequentemente um atraso.

Na usinagem convencional, como em um torno mecânico, a estrutura da máquina pode passar por um retrofiting, que é uma adaptação, reforma e modernização do equipamento, ou seja, um torno convencional pode receber o CNC, dessa forma, não precisa ser feito o investimento em uma máquina nova. Assim, as empresas podem investir em capacitação profissional para que os operadores de máquinas manuais possam trabalhar também com equipamentos CNC, evitando a demissão desses profissionais.

Em conclusão, o CNC é a tecnologia mais moderna usada nos processos de usinagem e a tendência é que com o suporte do CAD (Desenho Auxiliado por Computador) e CAM (Manufatura Auxiliada por Computador), e o desenvolvimento de novos softwares, o CNC se torne cada vez mais presente e acessível para pequenas e grandes indústrias de produção mecânica. Com o desenvolvimento diário da maioria dos setores da indústria, como o automotivo, aeroespacial, eletrônico, por exemplo, e a necessidade de produtos inovadores que sejam diferenciais em um mercado altamente competitivo, a usinagem CNC ocupa um papel central que atende com qualidade a demanda desses mercados consumidores.

Referências

- ALVES, Salete M.; OLIVEIRA, João F.G de. **Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção Mais Limpa como estratégia de gestão ambiental**. São Paulo: SciELO, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/CRV6zkY8YkchVDCg8pp9G3F/?lang=pt#>. Acesso em: 11 out. 2022.
- CASARIN, Samuel José. **Manufatura Mecânica: Usinagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S. A., 2018.
- COELHO, R. T.; OLIVEIRA, J. F.G. de; SILVA, E. J. da. **Práticas em Processos de Fabricação Mecânica: Prática 2 – Torno CNC**. São Paulo: Moodle USP: e-Disciplinas, 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5565854/mod_resource/content/1/Torno%20CNC_pr%C3%A1tica.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.
- COELHO, R. T.; OLIVEIRA, J. F.G. de; SILVA, E. J. da. **Práticas em Processos de Produção: Prática 3 – Fabricação em Centros de Usinagem**. São Paulo: Moodle USP: e-Disciplinas, 2015. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5147695/mod_resource/content/1/Pr%C3%A1tica%203%20-Nova-Centro%20de%20Usinagem%20.pdf. Acesso em: 01 out. 2022.
- FITZPATRICK, Michael. **Introdução à usinagem com CNC**. Porto Alegre: AMGH, 2013.
- GENEROSO, João Daniel. **Usinagem Avançada: Torneamento**. Santa Catarina: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2011. Disponível: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/1/12/Apostila_usinagem-2.pdf. Acesso em: 12 out.2022.
- HARBS, Eduardo. **CNC- C²: UM CONTROLADOR ADERENTE ÀS NORMAS ISO 14649 E IEC 61499**. Joinville: Universidade de Santa Catarina, 2012. Disponível em: <https://sistemabu.udesc.br/pergamumweb/vinculos/000059/00005919.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.
- JÚNIOR, M. A. de Oliveira; SILVA, Sidnei D. da. **Programação e operação de centro de usinagem**. São Paulo: SENAI – SP Editora, 2016.
- MARCICANO, João Paulo P. **Introdução ao Controle Numérico**. Poli, [s.d]. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/cnc.pdf>. Acesso em: 02 out. 2022.
- REBEYKA, Claudimir. **Comando Numérico Computadorizado**. Labusig, 2008. Disponível: <http://www.labusig.ufpr.br/TMEC105/Apostl-Prof-Rebeyka.pdf>. Acesso em: 01 out. 2022.
- SILVA, Sidnei D. da. **Processos de Programação, Preparação e Operação de Torno CNC**. São Paulo: Érica, 2015.
- VOLPATO, Neri. **Introdução à Tecnologia CNC e à Programação Manual de Torno e Fresadora**. Azdoc.Tips, 2018. Disponível em: <https://azdoc.tips/preview/apostila-de-comandos-numericos-computadorizados-parte-2-geral-5c1406717b898>. Acesso em: 11 out. 2022.

29

BENEFÍCIOS DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL PARA O PROCESSO PRODUTIVO DAS EMPRESAS

*BENEFITS OF TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE FOR
THE PRODUCTIVE PROCESS OF COMPANIES*

Jhoseph Andrade Martins

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Deivyt Silva Da Silva

Francisco Carlos Guedes Rêgo

Maycow Douglas de Oliveira Alves

Antonio Merval Machado Tavares

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Resumo

O setor de manutenção é parte fundamental e tem função estratégica na organização de uma indústria. A manutenção é responsável direta pela disponibilidade e performance dos ativos. Por isso, esse setor tem importância concreta na eficiência e nos resultados de uma empresa. Na busca de estratégias de manutenção tecnicamente viáveis e de melhor custo-benefício, foi da indústria que se originou uma das metodologias de manutenção mais utilizadas em termos globais. A manutenção preventiva corresponde à ação tomada para manter um item físico em condições operantes por meio de inspeções, reformas, troca de peças e está em um nível superior se comparada à manutenção corretiva, pois a máquina (ou equipamento, ou o sistema) encontra-se em estado operacional, mas seu desempenho está reduzido, a ponto de entrar em estado de falha. Este trabalho se mostra relevante porque a Manutenção Produtiva Total refere-se a uma metodologia que se objetiva a melhorar a performance e a produtividade das máquinas e equipamentos de uma empresa, no qual todos os seus integrantes, em qualquer nível, devem participar das atividades. Isto é, Manutenção Produtiva Total busca o envolvimento de toda a empresa nas atividades de manutenção com foco em suprimir desperdícios, visando a otimização da eficiência de máquinas e equipamentos, em consonância com a atribuição e posição hierárquica, compreendendo os operadores, grupos de apoio, até a direção.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total, Indústria Automobilística, Análise de Implantação do TPM

Abstract

The maintenance sector is a fundamental part and has a strategic role in the organization of an industry. Maintenance is directly responsible for the availability and performance of assets. Therefore, this sector is of concrete importance in the efficiency and results of a company. In the search for technically viable and cost-effective maintenance strategies, it was from the industry that one of the most widely used maintenance methodologies in global terms originated. Preventive maintenance corresponds to the action taken to keep a physical item in operating condition through inspections, renovations, replacement of parts and is at a higher level compared to corrective maintenance, as the machine (or equipment, or system) is if in an operational state, but its performance is reduced, to the point of entering a state of failure. This work is relevant because Total Productive Maintenance refers to a methodology that aims to improve the performance and productivity of a company's machinery and equipment, in which all its members, at any level, must participate in activities. That is, Total Productive Maintenance seeks to involve the entire company in maintenance activities with a focus on eliminating waste, aiming at optimizing the efficiency of machines and equipment, in line with the attribution and hierarchical position, including operators, support groups, up to the direction.

Keywords: Total Productive Maintenance, Automotive Industry, TPM Implementation Analysis

1. INTRODUÇÃO

A manutenção representa um ativo essencial para que uma empresa ou uma indústria funcionem de forma consistente e possam viabilizar o aumento da credibilidade e disponibilidade das máquinas e equipamentos, uma vez que a paralisação de sua linha produtiva pode ocasionar impactos negativos no seu lucro.

De modo geral, a manutenção tem o desígnio de manter as máquinas e equipamentos em bom estado de funcionamento e conservação, reduzindo a possibilidade de algo sair errado no decorrer de uma operação. Caso a manutenção não seja efetivada com a devida importância que merece, a confiabilidade das máquinas e equipamentos é reduzida, fazendo com que as probabilidades de falhas aumentem e o nível de qualidade decaia.

As demandas por maior qualidade nos processos em cada estágio de sua execução numa empresa ou numa indústria faz com que sejam buscados distintos métodos de gestão da manutenção, como a Manutenção Produtiva Total (TPM), em inglês *Total Productive Maintenance*, para que advenha aumento de credibilidade. Através do método da TPM, pretende-se propiciar melhora à qualidade das máquinas e equipamentos, como também aumentar o tempo de vida útil dos mesmos e reduzir a possibilidade de acontecer falhas na produção das empresas e indústrias por meio de manutenção.

A TPM é um método que visa a melhoria do processo de produção sob o aspecto da gestão da manutenção e sintetiza-se na melhoria da produtividade, sobretudo através da otimização da disponibilidade de máquinas e equipamentos. Todavia, para que a TPM elimine desperdícios e aumente a eficiência das máquinas e equipamentos, é essencial o envolvimento de toda a organização nas ações de manutenção, abrangendo os operadores do maquinário, grupos de apoio, até a direção.

Como a Manutenção Produtiva Total (TPM) pode melhorar a produtividade das empresas através da maximização da disponibilidade de máquinas e equipamentos?

Sendo assim o objetivo geral que norteou a pesquisa foi: Explicar de que forma a Manutenção Produtiva Total acarreta benefícios ao desempenho de máquinas e equipamentos no processo produtivo das empresas. E os objetivos específicos: Descrever a concepção e características da Manutenção Produtiva Total; Compreender a implementação da Manutenção Produtiva Total; e especificar a função dos pilares da manutenção produtiva total.

A realização deste trabalho se justifica, pois, a Manutenção Produtiva Total, quando implementada na linha de produção de uma empresa, visa melhorar o controle da qualidade, o cumprimento de prazos e a diminuição de custos e, como resultado, os números de processos. Ademais, a Manutenção Produtiva Total é um instrumento de gestão da manutenção, com o propósito de sistematização dos procedimentos de manutenção em visando retorno por meio de melhorias para a empresa e para a manutenção em si.

Este trabalho se mostra relevante porque a Manutenção Produtiva Total refere-se a uma metodologia que se objetiva a melhorar a performance e a produtividade das máquinas e equipamentos de uma empresa, no qual todos os seus integrantes, em qualquer nível, devem participar das atividades. Isto é, a Manutenção Produtiva Total busca o envolvimento de toda a empresa nas atividades de manutenção com foco em suprimir desperdícios, visando a otimização da eficiência de máquinas e equipamentos, em consonância com a atribuição e posição hierárquica, compreendendo os operadores, grupos de apoio, até a direção.

Com esse trabalho, busca-se também que empresas e profissionais da Engenharia



Mecânica possam compreender que a Manutenção Produtiva Total tem a capacidade de reduzir perdas, assegurando a uniformização do processo de produção, para, conseqüentemente, propiciar considerável redução de custos. Em relação ao meio acadêmico, será proporcionado consistente referencial teórico acerca da Manutenção Produtiva Total, abordando conteúdos como seu conceito, sua evolução, suas etapas, seus pilares, entre outros, que pode servir de embasamento para posteriores trabalhos sobre esse tema.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para se atingir os objetivos deste trabalho, será a utilizada a revisão bibliográfica, com método de pesquisa qualitativa e descritiva, no qual será feita a consulta a livros, artigos de periódicos e de anais de eventos, dissertações e teses. A busca de materiais será efetuada em biblioteca física e nas bases de dados eletrônicas Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Google Acadêmico e *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), selecionando-se publicações dos últimos 34 anos (1988 a 2002). As palavras-chave utilizadas na busca serão: manutenção produtiva total, gestão da manutenção, produtividade, qualidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Manutenção Produtiva Total (TPM) foi originada na Nippon Denso KK, uma das empresas do grupo Toyota, e, em 1971, recebeu o prêmio PM, destinado a empresas que se destacaram na condução desse programa. Ademais, a TPM caracteriza uma evolução da manutenção preventiva, na qual veio tendo seus procedimentos alterados até chegar à forma em que é conhecida no século XXI (KARDECK; NASCIF, 2009).

A TPM trata-se de uma metodologia que visa o envolvimento de toda a organização nas atividades de manutenção, conforme responsabilidades e posição hierárquica, incluindo os operadores das máquinas, passando pelos grupos de apoio, até a direção. Não só o setor de manutenção é responsável pelos cuidados que a linha precisa, os operadores contribuem com sua análise constante e conhecimento, os gestores cooperam organizando as atividades e a direção alocando recursos (RIBEIRO, 2010).

A Manutenção Produtiva Total tendo cinco elementos, sendo eles maximizar a eficiência dos equipamentos, ser implementada por vários departamentos, envolver todos os empregados, do topo da gerência até os trabalhadores da produção, estabelecer um sistema de manutenção preventiva para toda a vida de um equipamento e é baseada em pequenas atividades em grupos (KARDECK; NASCIF, 2009).

A palavra Total descreve a efetividade total indicando a busca por lucro e eficiência econômica, sendo enfatizada na manutenção preditiva e produtiva, a manutenção total envolvendo a prevenção de manutenção, a manutenção preventiva e a manutenção de melhoria, com planos para toda a vida dos equipamentos e modificações para prevenir quebras e melhorar a manutenção, e a total participação dos empregados com os as pequenas atividades em grupos gerando a manutenção autônoma pelos funcionários (TAKAHASHI; OSADA, 2002).

Segundo Kardec e Nascif (2009), os empregados devem ser treinados e capacitados, com os operadores exercendo atividades de manutenção espontânea, como regulagens,

lubrificação, limpeza, ajustes e medições, deixando para a equipe de manutenção tarefas complexas, e os engenheiros ficando com projetos, planejamentos e o desenvolvimento de equipamentos que não exijam manutenção.

Com a possibilidade de uma produção automatizada por robôs, a qualidade passa a depender mais dos equipamentos e menos dos processos, e com isso os equipamentos também são responsáveis pela produtividade, custos, segurança e saúde. Sendo assim a Manutenção Produtiva Total é uma manutenção de equipamentos feita em toda a empresa, feita por todos os empregados através de pequenas atividades em grupo (SANTOS, 2021).

Mesmo com os avanços tecnológicos na automação das linhas de produções, a manutenção continua sendo dependente de pessoas, e organizada em todos os níveis da empresa, dos gerentes aos trabalhadores da linha. Assim os pequenos grupos buscam pela perda zero, sendo uma das maiores propriedades da manutenção produtiva total (SUZUKI, 1994).

Segundo Nakajima (1988), há seis grandes perdas que devem ser eliminadas para obtenção máxima da eficiência global de equipamento, divididas em tempo de parada, perdas de velocidade e defeitos. Por outro lado, essas perdas têm grande influência no rendimento, pois causam perdas no tempo de operação, tempo efetivo de operação, e tempo efetivo de produção.

Ao eliminar estas perdas, se alcança a máxima eficiência global, minimizando a entrada de matéria prima, mão de obra e máquinas em um determinado processo e maximizando a saída de produção, com produtos de qualidade, entrega no prazo, aumentando a moral dos empregados, além de reduzir os custos (SANTOS, 2021).

Para eliminar essas grandes perdas e implementar o desenvolvimento da Manutenção Produtiva Total, três requerimentos, sendo o primeiro mudar a atitude dos empregados e aumentar suas capacidades; o segundo requerimento é aumentar a competência e motivação da equipe, e o terceiro requerimento sendo o ambiente de trabalho que suporte a implantação da Manutenção Produtiva Total (KARDECK; NASCIF, 2009).

Suzuki (1994), por sua vez, aponta que para a implementação da Manutenção Produtiva Total, são necessários doze passos, divididos em quatro fases, sendo a primeira fase a preparação, englobando os cinco primeiros passos, a fase de introdução, a fase de implementação englobando do sétimo passo ao décimo primeiro, e pôr fim a fase de consolidação.

Os pilares de sustentação da Manutenção Produtiva Total são princípios que, quando respeitados, possibilitam o funcionamento pleno desta filosofia nos diversos ambientes. Antes de implementar esta filosofia, a Manutenção Produtiva Total, é necessário que se conheça os pilares em que está fundamentada, onde cada um tem seu devido papel. Tratam-se de 8 (oito) pilares que sustentam a Manutenção Produtiva Total para que propicie uma maior eficiência (KARDECK; NASCIF, 2009).

De acordo com Borris (2006), os oito pilares da TPM são:

- Pilar da Melhoria Focada ou específica (manutenção corretiva de melhorias para em perdas crônicas relacionadas às máquinas);
- Pilar da Manutenção Planejada (gestão e das rotinas de manutenção preventiva planejadas).
- Pilar da Gestão Antecipada (prevenção da manutenção);
- Pilar do Treinamento e Educação (aplicação de treinamentos técnicos e comportamentais para liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes);
- Pilar da Manutenção Autônoma (treinamentos teóricos e práticos que darão aos

operadores a capacidade de exercerem atividades de manutenção);

- Pilar da Manutenção da Qualidade (confiabilidade dos aparelhos e sua relação com a qualidade dos produtos e disponibilidade para uso);
- Pilar da Melhoria dos Processos Administrativos (aprimoramento dos processo de gestão e redução de seus desperdícios);
- Pilar da Segurança, Saúde e Meio Ambiente: (seu foco é na melhoria contínua das condições de trabalho da redução dos riscos de segurança e ambientais).

Assim sendo, a TPM, como um sistema de gestão, demanda o envolvimento de gestores e direção na sua aplicação e cumprimento, em que cada qual participa em consonância com suas competências. Cada organização dispõe de suas qualidades individuais, todavia, os pilares de sustentação da TPM são fundamentos que, quando seguidos fielmente, permitem o alcance de resultados significativos. Por conseguinte, antes de apresentar como implementar a TPM, é preciso conhecer os seus pilares fundamentais (XENOS, 2014).

A Military Standard (MIL-STD 1629A) (1980), identifica como sendo um procedimento pelo qual cada modo de falha potencial em um sistema é analisado para determinar os resultados ou efeitos no sistema e para classificar cada modo de falha potencial de acordo com a sua severidade. Um dos requisitos para a utilização da ferramenta é que se tenha total conhecimento do que é modo de falha e efeitos.

Portanto, para iniciar o estudo foi feito o uso do dicionário MICHAELIS (2017), sendo consultado os seguintes termos: MODO, FALHA e EFEITO. MODO é a “Forma ou maneira de ser ou manifestar-se uma coisa”; FALHA: “Defeito”, “ato ou efeito de falhar”, sendo que FALHAR está descrito como “Não dar o resultado desejado, não ser como se esperava”. EFEITO: “Resultado produzido por uma ação ou um agente, denominada causa em relação a esse resultado”. CAUSA: Aquilo que determina a existência de uma coisa; Diante destas informações pode-se dizer que a definição do Modo de Falha é a condição diferente do componente estudado que não exerce sua função. E que o efeito de modo de falha se dá por conta dos resultados produzidos quando vêm a correr e isso se dá por consequência do modo de falha. Já as causas do modo de falha são os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer, podem estar nos componentes da vizinhança, fatores ambientais, erros humanos, ou no próprio componente (SAKURADA, 2001).

Sakurada (2001) ainda afirma em resumo, que, vale ressaltar, embora as definições sejam simples, nem todas as falhas poderão se ajustar a estas definições, podendo gerar muitas discussões em uma reunião de FMEA. Deve-se ter em mente que, um modo de falha é uma anomalia que ocorre em nível de componente e um efeito ocorre em nível de sistema. Esta anomalia deve ser caracterizada em termos de função ou especificações de projeto, processo ou uso.

A manutenção preventiva corresponde à ação tomada para manter um item físico em condições operantes por meio de inspeções, reformas, troca de peças e está em um nível superior se comparada à manutenção corretiva, pois a máquina (ou equipamento, ou o sistema) encontra-se em estado operacional, mas seu desempenho está reduzido, a ponto de entrar em estado de falha (BRITTO, 2006).

Segundo Gaio (2016), para a aplicação deste tipo de manutenção, é muito comum alinhar a ferramentas da manutenção centrada em confiabilidade. A partir destas ferramentas, pode ser decidido o nível de risco para cada possível falha e se vale a pena trocar o equipamento preventivamente ou esperar até a falha e ainda (caso admita-se a substituição preventiva), qual deverá ser o prazo para substituição de forma otimizada. Estes exemplos e recomendações não são consensuais. Neste texto será apresentada uma discussão

geral sobre estas aplicações (SAKURADA 2001).

Estão presentes na literatura aplicações em sistema, projeto, processo e serviço. Esta é a classificação de STAMATIS (1995) e o autor entende que:

- FMEA de Projeto – É usado para analisar produtos antes que eles sejam liberados para a manufatura. O FMEA de projeto enfoca os modos potenciais de falha causados pelas deficiências do projeto.
- FMEA de Processo – É usado para analisar os processos de manufatura e montagem. O FMEA de processo enfoca os modos de falhas causados pelas deficiências do processo ou montagem.
- FMEA de Serviço – É usado para analisar serviços antes que eles alcancem o cliente. O FMEA de serviço enfoca os modos de falha (tarefas, erros, enganos) causados pelas deficiências do sistema ou processo.

Para que a manutenção de componentes do sistema seja realizada com maior segurança recomenda-se que o trabalhador execute sua tarefa entre aterramentos, ou seja devem ser instalados aterramentos à jusante e montante do equipamento (BARROS, 2010).

3. CONCLUSÃO

Os ensaios de verificação e os tratamentos de óleo serão muito mais frequentes. A parte mecânica requer cuidados especiais, pois dela depende o bom desempenho do disjuntor. Deve ser verificada, no teste de recepção e após manutenções, ou até mesmo preventivamente, a simultaneidade dos polos.

Também, quando necessário, devem ser realizados testes de medição dos tempos de abertura e fechamento.

Os resultados alcançados se devem a implantação da TPM, que estabeleceu módulos de funcionamento e uma cultura voltada para melhorias permanentes do desempenho dos equipamentos e diminuição e ou eliminação das famílias de perdas pelo envolvimento contínuo de todas as pessoas. Esta busca de melhoria passa pela apropriação e condução autônoma das instalações pelos agentes de produção (operadores). Os resultados alcançados estão à disposição para serem compartilhados dentro da própria empresa com outras áreas por meio de um retorno de experiência e também com a comunidade acadêmica.

Estes ensaios são normalmente designados como ensaios sintéticos com métodos de injeção. Pela sua complexidade, só podem ser, normalmente, feitos pelo fabricante. Designa-se como ensaio sintético um ensaio de curto-circuito no qual a corrente total de curto ou uma grande porcentagem desta corrente é fornecida por uma fonte (circuito de corrente à frequência industrial), ao passo que a tensão de restabelecimento transitória provém na sua totalidade ou parcialmente de outras fontes separadas (circuitos de tensão).

Referências

ALVES, J. M. **MRP II e Manufatura Enxuta**: Vantagens, Limitações e Integração. Encontro Nacional de Engenharia De Produção, XXI. Salvador: 2001.

ARAÚJO, I.M.; SANTOS, C.K.S. **O conceito atual de manutenção**: terotecnologia. Projeto Apostila Virtual. Departamento de Engenharia Elétrica e Manutenção Industrial, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002.



- BORRIS, S. **Total Productive Maintenance**: Proven strategies and techniques to keep equipment running at peak efficiency. New York, USA: The McGraw-Hill Companies, 2006.
- DESHPANDE, V.S. & MODAK, J.P. **Application of RCM to a medium scale industry**. Reliability Engineering & System Safety, London, 77, 31-43, 2002.
- DOHI, T. et al. Optimal control of preventive maintenance schedule and safety stocks in an unreliable manufacturing environment. **International Journal of Production Economics**, New York, 74, 147-155, 2001.
- DIAS, S. L. V. **Avaliação do Programa TPM em uma indústria Metal-Mecânica do Rio Grande do Sul** (Dissertação de Mestrado, UFRGS). Porto Alegre, 1997.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: Função Estratégica. Rio de Janeiro: Qualimark: Petrobras, 2009.
- NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. Cambridge, USA: Productivity Press. 1988.
- RIBEIRO, H. **Desmistificando a TPM**: Como implantar o TPM em empresas fora do Japão. São Caetano do Sul: PDCA Editora, 2010.
- SANTOS, C. G. **Manutenção Produtiva Total**: uma revisão de literatura dos artigos do encontro nacional de Engenharia de Produção. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, Paranaguá, PR, v.6, n.2, p. 346-01, 346-21, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiETG&page=article&op=download&path%5B%5D=1509&path%5B%5D=776>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- SUZUKI, T. **TPM in process industry**. Cambridge, USA: Productivity Press, 1994.
- TAKAHASHI, Y; OSADA, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: Instituto IMAM, 2002.
- XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**: Melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade. 2. ed. [S. l.]: Falconi Editora, 2014. *E-book*.

30

AÇOS BIFÁSICOS DP600 e DP780
TWO-PHASE STEELS DP600 and DP780

Bruno Silva dos Santos
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Thiago Santana Oliveira

Resumo

Este artigo tem por objetivo primordial estudar os aços bifásicos ou *Dual-Phase*, que na indústria tem sido muito utilizado em diversas áreas da indústria em geral, desde objetos cirúrgicos, robôs, automóveis etc. Mas especificamente iremos estudar os aços DP600 e DP780 que são de grande valia para a indústria automotiva, se caracterizam por conciliarem resistência, conformabilidade. A ductilidade apresentada por estes aços assegura uma boa aptidão e repartição de deformação e ainda uma boa estampabilidade. Todas estas características para a indústria automotiva são essenciais tanto para diminuição do peso dos carros que afeta diretamente no consumo de combustível, tanto para a segurança de seus condutores e passageiros. A indústria necessitou também de designs mais arrojados sem perder muito de sua resistência mecânica, com isso os aços bifásicos são extremamente interessantes para indústria automotiva. Os aços bifásicos são tem em sua base microestrutural a resistência, a ductilidade e dureza que são necessárias para as exigências globais.

Palavras-chave: Automotivo. *Dual-Phase*. Alta resistência.

Abstract

This article aims primarily to study the dual-phase steels, which in the industry have been widely used in various areas of industry in general, from surgical objects, robots, automobiles and so on. But specifically we will study the steels DP600 and DP780 that are of great value for the automotive industry, are characterized by combining strength, formability. The ductility presented by these steels ensures a good aptitude and distribution of deformation and also a good stampability. All these characteristics are essential for the automotive industry, both to reduce the weight of cars that directly affects fuel consumption, and for the safety of drivers and passengers. The industry also needed bolder designs without losing much of their mechanical resistance, so the biphasic steels are extremely interesting for the automotive industry. The two-phase steels have in their microstructural basis the strength, ductility and hardness that are needed for the global requirements.

Key-words: Automotive. Dual-Phase. High resistance.

1. INTRODUÇÃO

Por que os aços bifásicos são uma das principais alternativas da indústria automotiva na atualidade?

A demanda e exigência de se desenvolver e implementar novos tipos de materiais foi uma característica fundamental do desenvolvimento da civilização humana, galgando as etapas evolutivas das sociedades onde se concentravam as propriedades dos materiais, sem sequer saber como e por quê determinados processos de fabricação proporcionam uma melhora nas propriedades inerentes dos materiais, o que culminou em despertar a curiosidade dos seres humanos e impulsionou o desenvolvimento tecnológico (RODRIGUES, 2015).

O desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para a indústria automotiva na década de 70 focou em melhorar significativamente as propriedades dos materiais que constituíam um carro, minimizando seu peso bruto, além de garantir outros fatores exigidos pelos fabricantes de automóveis, como por exemplo, a resistência mecânica. Isso levou à concentração de novas vertentes de pesquisa no que tange o desenvolvimento de novos modelos de aços com excelentes propriedades na indústria metalúrgica (AKISSUE; HADA, 1995).

Nas últimas décadas, houve uma problemática atrelada a indústria do setor automobilístico, que definiu padrões rigorosos que visam minimizar o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de gases nocivos ao meio ambiente e a população humana (KEELER et al., 2014; Ministério da Indústria, Comércio e Serviços, 2013). Como reação a este cenário, a indústria metalúrgica forneceu um conjunto de materiais denominado Aços Avançados de Alta Resistência (AHSS), dos quais se destacam os aços de caráter bifásico (*Dual Phase Steels*). Este tipo de aço possui uma notável resistência mecânica e bom fator de ductilidade devido à sua estrutura bifásica, formada por fase ferrita e fase martensita.

Tendo em vista esse cenário, uma justificativa para esse trabalho foi investigar diversas pesquisas na área de Aços Avançados de Alta Resistência, em especial os *Dual Phase* para que se possa desenvolver maneiras sustentáveis de se fabricar automóveis mais leves que detêm elevada resistência mecânica, boa ductilidade, tenacidade, dureza e também que possuam baixa densidade.

O presente trabalho tem o intuito de constatar e avaliar padrões de modelos de comportamentos que sejam capazes de descrever de forma satisfatória a natureza mecânica dos aços *Dual Phase*. Os padrões de comportamento são estabelecidos de acordo com ensaios experimentais a disposição para cada classe de aço bifásico analisado. A autenticação dos resultados alcançados é realizada se confrontando os resultados experimentais com a literatura vigente sobre o assunto pesquisado.

Já os objetivos específicos desse trabalho têm como dever: avaliar as caracterizações microestruturais dos aços bifásicos DP600 e DP780; qualificar as propriedades mecânicas usando como base testes de tração e de dureza Rockwell; e comparar as propriedades mecânicas dos aços DP600 e DP780 e correlacioná-las com a suas respectivas microestruturas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi conduzido de maneira atenciosa revisando os vários trabalhos já feitos, esta metodologia de referência bibliográfica possibilita pesquisas de artigos, teses de



mestrados, revistas especializadas, livros especializados, a pesquisa foca em prazo de até dez anos dos textos redigidos e publicados, para que não ocorra uma disparidade de informações e possibilite constar a evolução da pesquisa de modo geral. As bases de dados foram conseguidas através também de comparações entre os materiais para assim obter qualidade e de certo modo um refinamento naquilo que será apresentado posteriormente.

2.2 Resultados e Discussão

A indústria automotiva é a principal força motriz encarregada pelo desenvolvimento tecnológico dos aços e suas ligas metálicas nas últimas décadas. As primeiras pesquisas em meados da década de 70 destacavam-se pelo uso de ligas como o Ti e V e Ni para aumentar a resistência mecânica dos materiais. Empregados na fabricação de automóveis. Nos anos posteriores, se introduziu um modelo de estrutura bifásica com a intenção de minimizar prejuízos no processo de estampagem oriundos da maior resistência mecânica alcançada pelo material (GORNI, 2008).

O Grau de aços avançados de elevada resistência - AHSS (*Advanced High Strength Steel*), como é conhecido hoje, contempla, entre outros, os seguintes tipos de aços:

- Aços da categoria martensítica - MS;
- Aços da categoria bifásica - DP (*Dual Phase*);
- Aços que adquirem plasticidade por transformação induzida - TRIP (*Transformation - Induced Plasticity*);
- Aços de que possuem fase complexa - CP (*Complex Phase*);
- Aços que adquirem plasticidade por maclação induzida - TWIP (*Twinning - Induced Plasticity*).

A Figura 1 a seguir permite uma correlação das propriedades mecânicas dos aços de categoria avançada de alta resistência e dos aços de categoria convencional. Uma elevação na resistência mecânica é atrelada por uma diminuição no alongamento, e o uso de microestruturas específicas proporciona reduzir esse efeito (WORLDAUTOSTEEL, 2014).

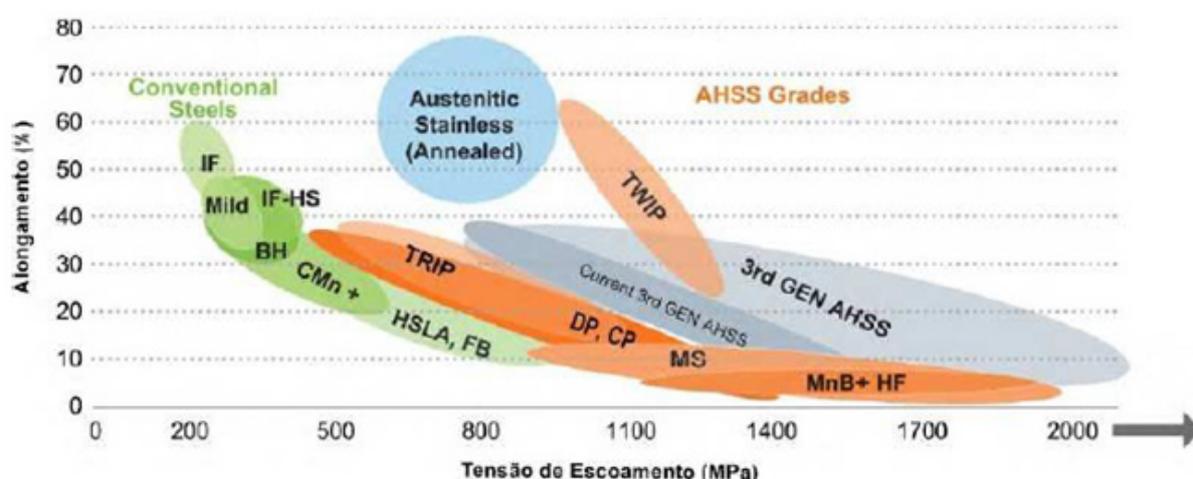


Figura 1 - Correlação entre as Propriedades Mecânicas dos Aços.

Fonte: Adaptada de WorldAutoSteel (2014).

Os aços bifásicos foram os precursores no que tange a conquista da alta resistência e ainda são amplamente empregados no setor industrial. A Figura 2 abaixo mostra a mi-

microestrutura deste modelo de aço, que possui ferrita macia e contínua na proporção de 80 a 85% e martensita dura na proporção de 15 a 20% na forma de pequenas ilhas isoladas situada nos contornos de grão da fase ferrita. Essas circunstâncias conferem a esses aços a alta resistência, característica essa associada à ductilidade e a boa conformação mecânica. Essa microestrutura também proporciona que o aço seja altamente endurecido (encruado), o que melhora sua absorção ao choque e resistência à fadiga (TIGRINHO, 2011).

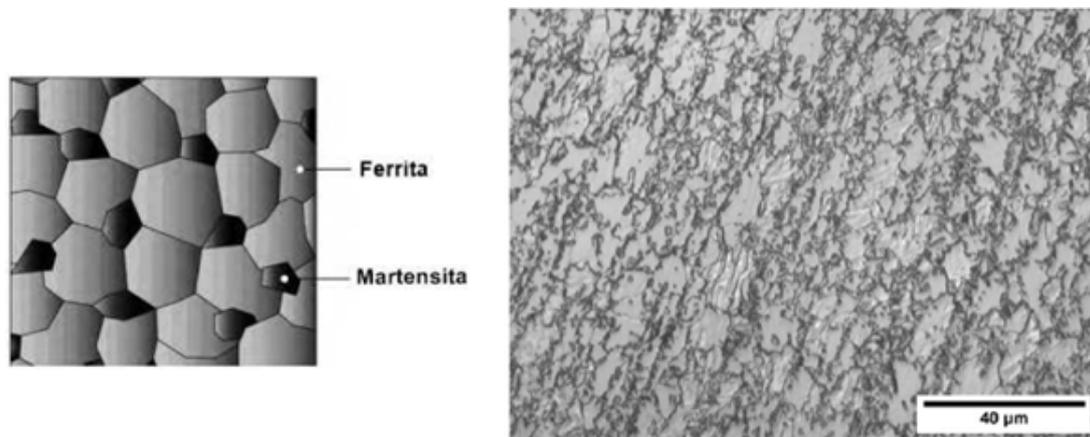


Figura 2 - Micrografia Referente a Classe dos Aços *Dual Phase*.

Fonte: Rodrigues (2015).

O principal método de fabricação de aços *Dual Phase* é pelo processo de laminação a frio do aço que possui baixo teor de carbono seguido do tratamento térmico de recozimento intercrítico em uma linha contínua de recozimento. O setor intercrítico remete à área do diagrama Fe-C onde as fases austenita e ferrita estão presentes. Nessas fases, é implementado o processo de resfriamento rápido com o intuito de converter a austenita restante em martensita (GRANBOM, 2010).

Essa microestrutura de natureza bifásica é gerada por austenitização dentro da zona intercrítica (setor onde a ferrita e austenita é estável), onde posteriormente o processo de resfriamento rápido irá proporcionar a minimização da difusão e conseqüentemente elevar a resistência da estrutura do material, promovendo a transformação da austenita recém gerada em martensita (YUE et al., 2005).

Como resultado da microestrutura gerada, os aços *Dual Phase* apresentam nível de escoamento constante, baixa relação elástica, alto valor de encruamento e alto grau de alongamento. A baixa relação elástica pode ser explicada pela falta de tensão de escoamento que desaparece decorrente do elevado número de discordâncias móveis criadas na interface ferrita/martensita. As discordâncias ocorrem durante as deformações cisalhantes na estrutura e a expansão de volume, à medida que a austenita se transforma em martensita após o resfriamento. Na Figura 3, ou seja, quanto maior a capacidade de maleabilidade da dureza do material, maior a distribuição das deformações durante o processo de conformação, o que retarda o surgimento da estrição (GORNÍ, 2008).

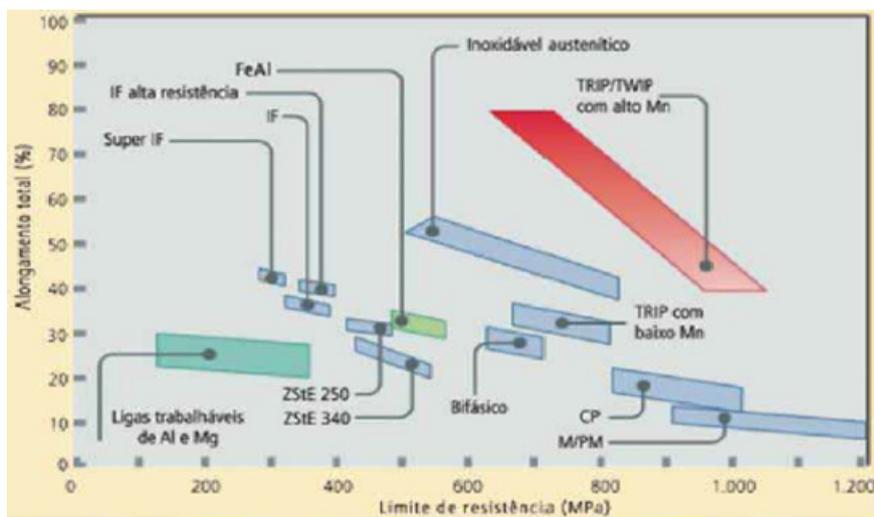


Figura 3 - Correlação entre o Alongamento e o Limite de Resistência de Aços.

Fonte: Gorni (2008).

Várias metodologias de caracterização microestrutural foram desenvolvidas para a análise qualitativa de aços multifásicos (por exemplo, *Dual Phase*), ou seja, para determinar quando diferentes fases ou constituintes, como a ferrita, austenita retida, martensita e bainita podem vir a coexistir.

A fase referente a ferrita atinge a ductilidade e a conformabilidade do aço e a fase referente a martensita proporciona ao aço sua dureza e resistência mecânica. Combinando essas propriedades, os aços *Dual Phase* apresentam elevado nível de resistência à tração, boa ductilidade, alto grau de encruamento, baixo limite de escoamento, escoamento contínuo e excelentes propriedades de fadiga, como pode ser visto na Figura 4 abaixo (RODRIGUES, 2015).

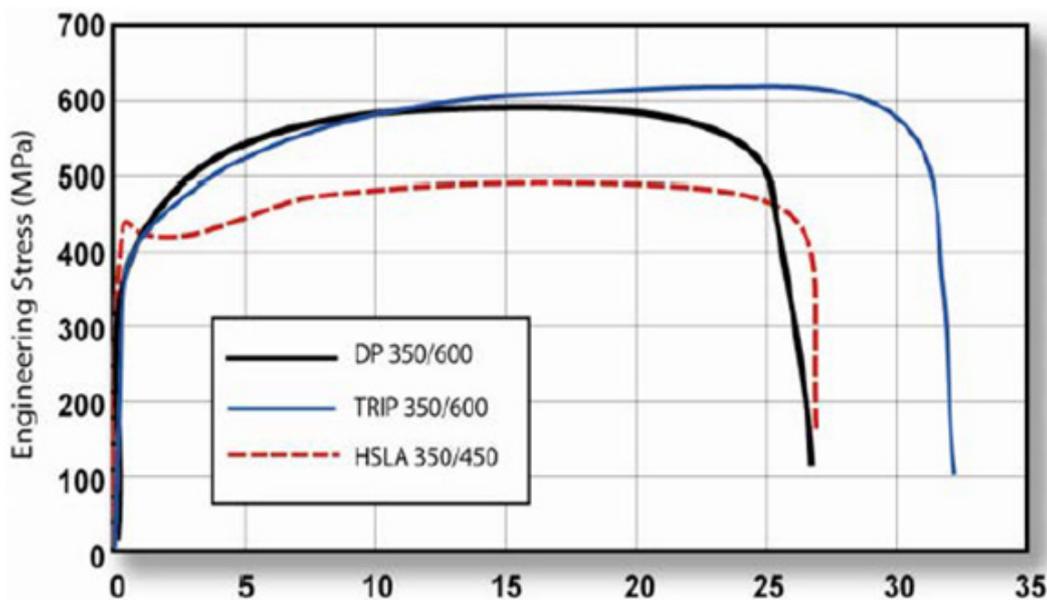


Figura 4 - Correlação entre os aços de categoria HSLA, TRIP e DP.

Fonte: Taiss (2010).

O aço *Dual Phase* oferece uma ótima mescla de alta resistência e conformabilidade devido à sua microestrutura e alta capacidade de encruamento. A alta taxa de dureza confere a esses aços boa resistência à fadiga e capacidade de absorção a choques, o que se define como tenacidade (OLIVEIRA, 2013).

Observe que os aços *Dual Phase* são aços feitos exclusivamente de ferrita e martensita nas proporções descritas outrora e podem conter pequenas quantidades de bainita e austenita retida, portanto, um aço com estrutura ferrita e perlita não pode ser considerado um aço *Dual Phase*.

Na figura 5, é possível constatar o desenvolvimento dos aços de alta resistência desde 1975, para os quais foram desenvolvidos aços microligados com limite de escoamento entre 260 MPa e 450 MPa e que percorrem os aços bifásicos (*Dual phase*) e Aço de Alta Resistência (*HSS - High Strength Steel*). Em meados dos anos 80, temos os aços cuja plasticidade mudou pela transformação induzida (*TRIP - Transformation Induced Plasticity*), aços de caráter martensítico (*MART*) e aços que constam fase complexa (*CP - Complex phase*). Na década de 1990, temos os aços cuja a plasticidade é induzida por maclação (*TWIP - Twinning Induced Plasticity*) (ZANLUCHI, 2014).

Estes últimos já estão anexados à família *UHSS*, batizados de *Ultra High Strength Steels*. As nomenclaturas inerentes ao *HSS*, *AHSS* e *UHSS* foram desenvolvidas na década de 1990, levando em consideração o desenvolvimento dos aços ao longo dos anos. A Figura 5 também mostra o objetivo principal de décadas de desenvolvimento de aços de alta resistência, que é obter estruturas de aço ainda mais leves.

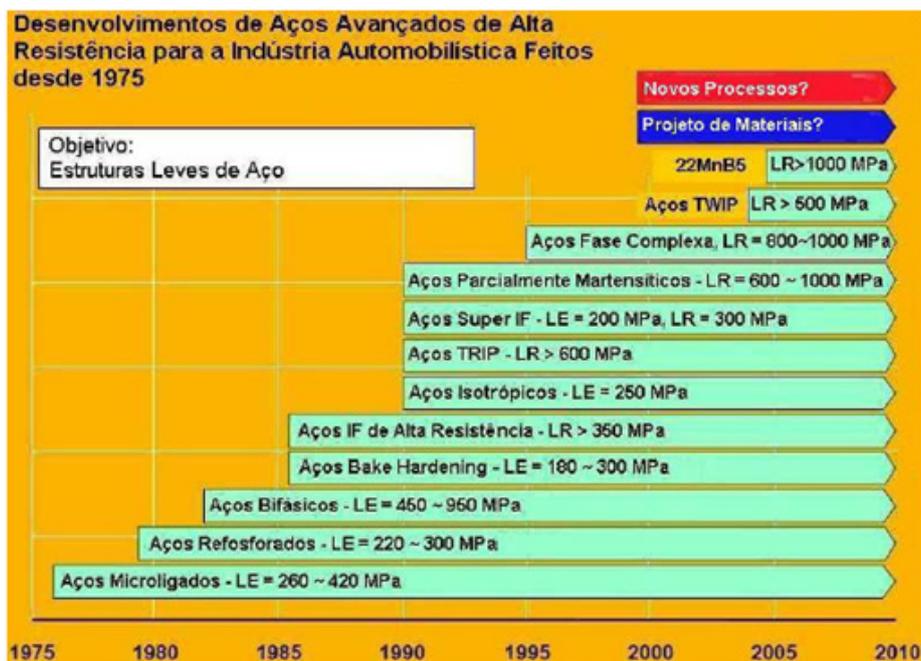


Figura 5 - Progresso do Aços de Alta Resistência ao longo das Décadas

Fonte: Sudo (1983, pag. 303-311).

Uma forte redução no tamanho do grão permite ao mesmo tempo aumentar a resistência mecânica e a tenacidade da chapa, o que permite reduzir o teor de liga empregados em aços. Esse fenômeno peculiar é relevante para esse tipo de material, pois melhora sua soldabilidade e reduz o custo de fabricação dessas estruturas. Elementos de microliga também são capazes de induzir o endurecimento por precipitação, o que aumenta a resistência mecânica da chapa metálica. Este fenômeno é devido à precipitação de partículas ultrafinas na interface durante a transformação da austenita após laminação a quente ou tratamento térmico de têmpera. Neste caso, no entanto, a tenacidade é um pouco perdida no processo. (GORNI et al., 2008).

A caracterização mecânica por ensaio de tração demonstrou que tanto os aços bifásicos quanto os multifásicos fornecem melhores propriedades mecânicas do que os aços

carbono comuns. Nota-se também que tanto os aços bifásicos quanto os multifásicos são capazes de combinar duas propriedades opostas: resistência mecânica e ductilidade, que com essas propriedades justificam a ampla utilização dos aços bifásicos na indústria automotiva (FUKUGAUCHI et al., 2012).

Os aços bifásicos são produzidos por tratamento térmico de têmpera dentro da zona crítica, ou seja, a área onde as fases ferrita e austenita estão em equilíbrio. O principal processo para obtenção da fase martensita e ferrita é aquecer o aço a uma temperatura entre as linhas A_1 e A_5 , pois esta região contempla a coexistência de ferrita e austenita. Nesta faixa de temperatura a austenita é enriquecida com o carbono para que se obtenha suficiente composição para mudar para martensita durante o resfriamento rápido, como mostrado na Figura 6 (ALMEIDA, 2020).

Durante esse resfriamento rápido (têmpera) até a temperatura ambiente, uma fração da austenita formada durante o aquecimento se transforma em martensita, criando uma microestrutura de ferrita (fase mole) e martensita (fase dura). Este arranjo microestrutural é característico dos aços bifásicos. Vários métodos de tratamento térmico podem ser realizados para obter microestruturas bifásicas em aços de baixo carbono. Independentemente do processo, o que todos têm em comum é que a zona crítica deve ser resfriada rapidamente para obter tal microestrutura. Portanto, a morfologia das fases da microestrutura bifásica depende do caminho escolhido para obtê-las (BAPTISTA et al. 2007).

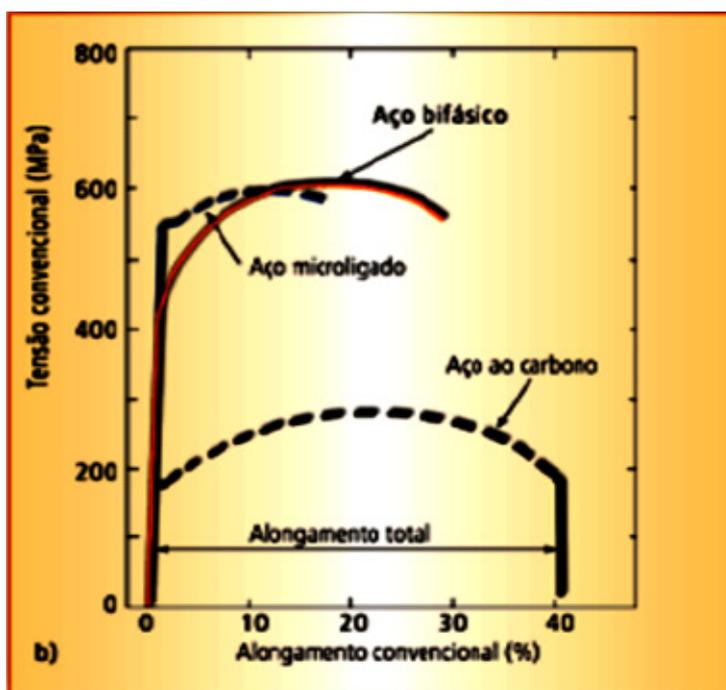


Figura 6 - Correlação entre as Curvas de Tensão de Aços DP e de Aços Carbono.

Fonte: Gorni et al. (2008).

O aluno Antônio Reis de Farias Neto da UNESP utilizou em sua pesquisa uma liga metálica de tamanho 240 x 240mm fornecida pela empresa ARCELOR MITTAL em forma de chapa galvanizada por imersão a quente. Algumas diferenças são explicitamente observadas no DP 600 que não possui os microligantes de Titânio e nem de Molibdênio. O elemento Titânio é um metal de transição que tem por característica ser leve e resistente, o que agrega muito em ligas metálicas. O elemento Molibdênio é um metal de transição que se destaca pela sua resistência a corrosão ácida. Veremos na Figura 7 abaixo a composição química dos aços DP600 e DP 780.

| Elemento de Liga | DP600 | DP780 |
|------------------|-----------|-----------|
| | % em peso | % em peso |
| Carbono (C) | 0,1 | 0,14 |
| Silício (Si) | 0,2 | 0,22 |
| Manganês (Mn) | 1,9 | 2,2 |
| Fósforo (P) | 0,02 | 0,02 |
| Enxofre (S) | 0,005 | 0,005 |
| Cromo (Cr) | 0,344 | 0,267 |
| Alumínio (Al) | 0,03 | 0,031 |
| Titânio (Ti) | — | 0,02 |
| Cálcio (Ca) | 0,0035 | 0,0035 |
| Molibdênio (Mo) | — | 0,115 |

Figura 7 - Composição Química dos Aços DP 600 e DP 780.

Fonte: Antônio Reis (2015, pag. 49).

Depois de feita a análise metalográfica, obteve-se as micrografias dos aços DP600 e do DP780, revelando-se as fases constituintes desses aços bifásicos. Nas micrografias é possível se distinguir as fases claras (ferrita) e as fases escuras (martensita). Embora os aços bifásicos possuam estruturas majoritariamente ferrita-martensita, é possível que as mesmas possuam pequenas frações de austenita retida e bainita em sua composição. Porém, suas concentrações não passam de aproximadamente 1% da estrutura da liga metálica e não são consideradas como parte da microestrutura dos aços bifásicos. Nas Figuras 8 e 9 são demonstradas as microestruturas dos aços DP600 e do aço DP780.

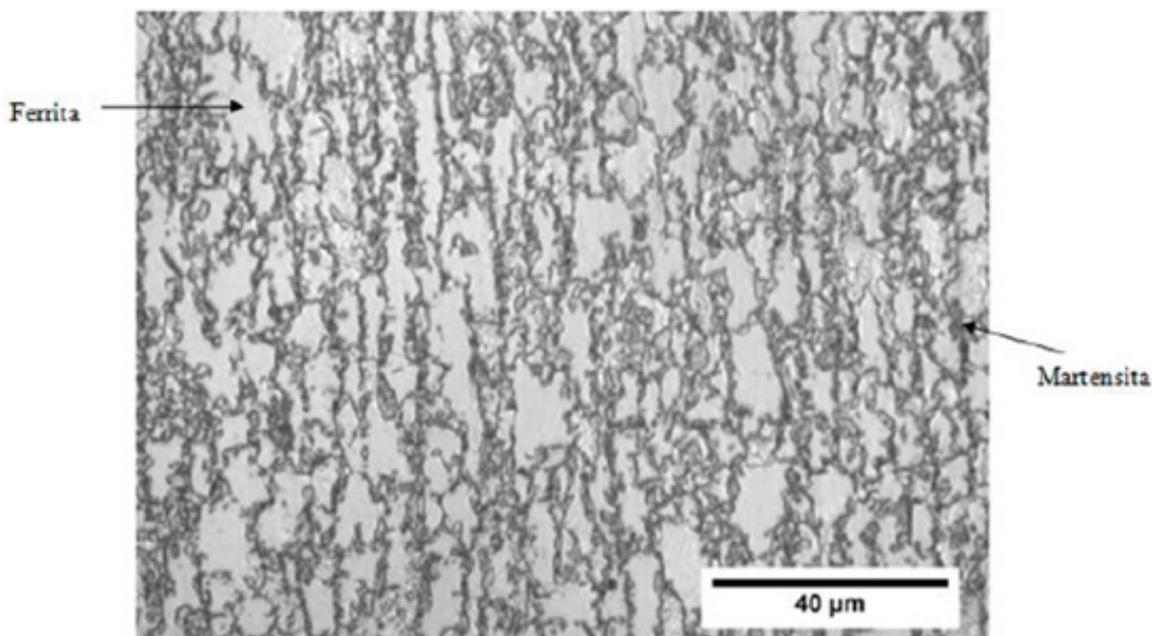


Figura 8 - Micrografia Referente ao Aço DP600.

Fonte: Antônio Reis (2015, p. 58).

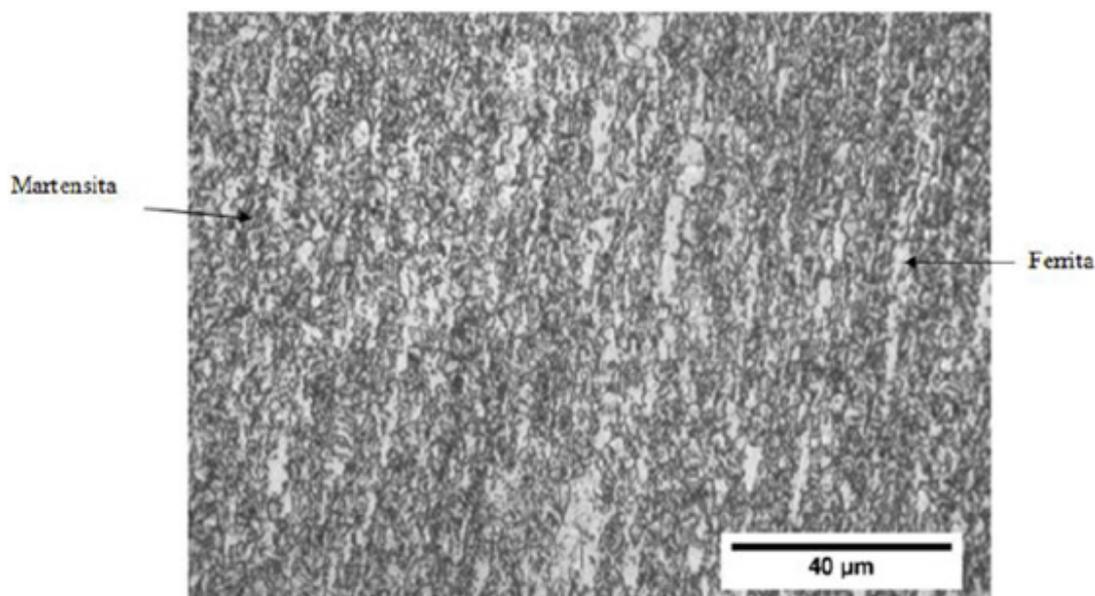


Figura 9 - Micrografia Referente ao Aço DP780.

Fonte: Antônio Reis (2015, p. 59).

O aço DP600 detém grãos maiores de ferrita, que contornam as ilhas de martensita. No entanto, o aço DP780 detém microestrutura com maior fração de martensita e em relação ao aço DP600 é mais refinada. Por motivo de comparação, o aço DP600 por possuir mais ferrita se torna mais dúctil e tenaz, e o aço DP780 tem em sua composição mais martensita o que quer dizer que o mesmo possui dureza e maior resistência. Os aços bifásicos não possuem pontos de escoamentos. E dentro da indústria automotiva o aço precisa ser suscetível a impactos, deformações, e ainda sim eles são importantes pois diminuem o peso e conseqüentemente no consumo de combustível do veículo.

A Figura 10 demonstra os dados obtidos do ensaio de tração. O aço DP780 revelou-se possuir maior resistência em comparação com o aço DP600, por outro lado, seu alongamento é menor. O aço bifásico é caracterizado por não ter limite de escoamento, então este ponto é calculado com 0,02% de alongamento. O limite de escoamento dos aços DP600 e DP780 estão acima de 400 e 600 MPa mostrando como este material pode suportar altas cargas sem deformação. Esta é uma das características mais importantes exigidas em qualquer estrutura selecionada.

| Propriedades | DP600 | DP780 |
|--------------------------------------|--------|--------|
| Limite de Resistência à Tração [MPa] | 669,66 | 864,43 |
| Desvio Padrão | 0,08 | 31,55 |
| Limite de Escoamento [MPa] | 421,02 | 604,9 |
| Desvio Padrão | 8,41 | 1,86 |
| Alongamento [%] | 31,95 | 23,73 |
| Desvio Padrão | 1,92 | 3,26 |
| Módulo de Elasticidade [GPa] | 200,47 | 204,45 |
| Desvio Padrão | 13,63 | 1,02 |
| Módulo de Resiliência [MPa] | 0,44 | 0,89 |
| Desvio Padrão | 0,013 | 0,01 |

Figura 10 - Propriedades Mecânicas Obtidas pelo Ensaio de Tração.

Fonte: Antônio Reis (2015).

A alta resistência e o alongamento significativo indicam, assim como o módulo de elasticidade, que o material pode suportar grandes energias de tensão sem deformação permanente. Essa habilidade é essencial em projetos de engenharia e construção de elementos veiculares, pois o uso de ligas mais duráveis e ainda possuir alta absorção de energia reduz o peso dos automóveis sem prejudicar a segurança do condutor e passageiros.

O teste de dureza Rockwell foi elaborado com amostras dos aços DP600 e DP780. Em seguida, os valores obtidos no teste de dureza Rockwell foram convertidos para dureza Brinell empregando as tabelas de conversão de dureza da instituição Aços Vic. Os resultados de dureza Rockwell e Brinell são mostrados na Figura 11.

| Dureza | Aço DP600 | Aço DP780 |
|--------|-----------|-----------|
| HRA | 54 | 62 |
| HB | 172 | 247 |

Figura 11 - Relação de Dureza Obtidas para os Aços DP600 e DP780.

Fonte: Antônio Reis (2015, p. 63).

Como os grãos de ferrita do aço DP600 possuem tamanho maior, como pode ser visto na Figura 8, é possível que o indentador da máquina de dureza possa ser fixado em locais onde o teor de martensita é menor, pois a ferrita não fornece muita resistência, então a dureza obtida no teste será baixa. O aço DP780 é mais duro que o aço DP600 porque possui mais martensita em sua microestrutura do que o aço DP600.

O material do respectivo trabalho é um aço bem empregado na indústria automobilística. Corresponde a um aço chamado de Dual que possui duas fases Dual Phase – DP, o seu limite de resistência está por volta de 600 kgf/mm². Este material foi doado pela empresa Magnetto Automotivo, a fim de aprimorar o desenvolvimento tecnológico do material. O material fornecido estava em forma de chapas, com espessura de 1,5 mm, sua composição química está representada pelas porcentagens dos elementos de liga (% em peso) conforme a tabela 1. (Anderson Elias Furtado et. al. 2018).

| Aço | Carbono | Manganês | Alumínio | Silício | Fósforo | Enxofre | Cobre | Boro |
|-----|---------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|
| DP | 0,23 | 3,3 | 0,010 | 2,0 | 0,090 | 0,015 | 0,20 | 0,006 |

Figura 12 - Composição química em porcentagem máxima do material estudado.

Fonte: Informado pelo fabricante (2018)

Os tratamentos térmicos foram realizados no Laboratório de Química e Controle Ambiental, na Faculdade de Roseira, em um forno tipo Mufla, modelo F1 DM Monofásico, com potência de 2200 W e capacidade térmica de 1200 0C. Os corpos de prova foram divididos em três grupos, cada um com quatro corpos de prova. No primeiro grupo, eles permaneceram em condições normais, ou seja, como fornecido. Nos grupos seguintes 2 e 3, os corpos de prova foram submetidos á normalização e a têmpera, respectivamente à uma temperatura de 900°C por 20 minutos, de forma a assegurar que a temperatura fosse homogênea por todo o corpo de prova. Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório de Ensaio Mecânicos da EEL – USP, Escola Estadual de Engenharia de Lorena, conforme a norma ASTM E8M-95a, a qual se aplica os ensaios de tração para materiais metálicos à temperatura ambiente. O dispositivo utilizado foi uma máquina de tração Emic DL10000, com célula de carga com capacidade de 100 kN. Os corpos de prova foram confeccionados na empresa TecnoSteel situada em Pindamonhagaba SP, resultando no corpo de prova do tipo sub-size, de acordo com a norma ASTM E8M, com secção retangular e região útil de 25 mm. Os corpos de provas foram extraídos a partir do material como fornecido, em forma

de chapas, como ilustrado na figura 1 (FURTADO et. al. 2018).

3. CONCLUSÃO

As microestruturas verificadas são consistentes com os testes realizados por outros pesquisadores e estão em consonância com a literatura especializada. Os resultados dos testes de tração e dureza Rockwell demonstraram a possibilidade de utilização dos aços de categoria DP600 e DP780 em aplicações diversas. A elevada resistência mecânica observada e os níveis de tensão alcançados corroboram a dureza e ductilidade inerente a esses aços, tornando-os amplamente utilizados na indústria automotiva e cada vez mais explorados em outros campos.

É fato notório que os estudos dos aços bifásicos propõem a observação no nosso dia a dia vendo a sua importância principalmente em nossos meios de transportes que usamos no nosso cotidiano, mas não é só por conta disto que sua importância é primordial. Como podemos ver o meio ambiente e a indústria andam praticamente de mãos dadas, e com isso como usuários e consumidores temos nossa devida importância em buscar sempre o melhoramento dos nossos bens duráveis.

É importante que os estudos sobre estes aços não parem, onde podemos estudar suas aplicações fora da atmosfera terrestre, no caso, em foguetes, satélites etc.

Referências

- AKISUE, Osamu; HADA, Takashi. **Past development and future outlooks of automotive steel sheets**. Nippon Steel Technical Report, 1995.
- ALMEIDA, Christyane Oliveira Leão. **Estudo do efeito springback em aços DP 600, DP 780 e DP 800 para aplicações na indústria automobilística**. 2020.
- BAPTISTA, C. A. R. P. et. al. Efeitos de sobrecargas na propagação de trincas por fadiga em aços dual phase. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 8., 2007. Peru, Cusco. **Proceedings [...]**, Peru, Cusco: Memória Técnica - CIBIM8, 2007. v. 1. p. 1-8.
- CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1998. 599p.
- FARIA NETO, Antonio dos Reis de. **Aços avançados de alta resistência: avaliação da microestrutura e propriedades dos aços DP 600 E DP 780**. 2015.
- FUKUGAUCHI, C. S. et al. **Caracterização microestrutural de aços bifásicos e multifásicos aplicados à indústria automobilística**. In: CBECIMAT, Joinville, 20o Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais. 2012.
- GORNI, Antonio Augusto. Aços avançados de alta resistência: microestrutura e propriedades mecânicas. **Corte e Conformação de Metais**, v. 4, n. 44, p. 26-57, 2008.
- GRANBOM, Ylva. **Structure and mechanical properties of dual phase steels: An experimental and theoretical analysis**. 2010. Tese de Doutorado. KTH.
- KEELER, S. et al. Advanced high strength steels for automotive industry. **Archives of Civil and Mechanical Engineering**, v. 8, n. 2, p. 511, 2014.
- MENEZES, Mateus Sotelo; ZOTTIS, Juliana; DA SILVA ROCHA, Alexandre. **CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E ANISOTROPIA DE UMA CHAPA DE AÇO DP600**. 2015.
- MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS. Inovar-Auto. Disponível em: <http://inovarauto.mdic.gov.br/InovarAuto/public/login.jspx?_adf.ctrl-state=13e9sbbp1g_14>. Acesso em: 15 out. 2022.
- OLIVEIRA, D. C. et al. **A substituição de aços convencionais por aços de alta resistência para estampagem na indústria automobilística**. Instituto Politécnico - Centro Universitário UMA, 2013.

- RODRIGUES, Diego Lopes. **Análise microestrutural e propriedades mecânicas do aço DP 600**. 2015.
- Anderson Elias Furtado, E., J., J., G. **Análise das Diferenças Na Resistência Mecânica e Microdureza Do Aço DP600 Oriundas Dos Tratamentos Térmicos**. 2018.
- SUDO, M. et al. Niobium Bearing FerriteBainite High Strength Hot-Rolled Sheet Steel with Improved Formability. **Transactions of the ISIJ**, 23:4, abr. 1983, p. 303-311.
- TAISS, J. M. FSV - **Future Steel Vehicle e a Nova Geração de Aços AHSS – Advanced High Strength Steel na Construção Automotiva**. SAE Brasil – Simpósio Materiais Automotivos e Nanotecnologia, 2010.
- TIGRINHO, Luiz Mauricio Valente. **Análise da fratura de chapas de aço avançado de alta resistência DP600 quando submetido a diferentes estados de tensões**. 2011.
- WorldAutoSteel. **Advanced High Strength Steels Application Guidelines**. Versão 5.0; 2014.
- YUE, Stephen et al. **Microstructural Developments in Advanced High Strength Steels**. SAE Technical Paper, 2005.
- ZANLUCHI, Jeferson Jorge Dallagnol. **Avaliação de retorno elástico para processos de estampagem à frio dos aços bifásicos DP 600 e DP 800**. 2014.

31

PROCESSOS DE SOLDAGEM E SUA IMPORTÂNCIA
WELDING PROCESSES AND THEIR IMPORTANCE

Djonh Willian Belfort Oliveira
Antonio Merval Machado Tavares

Resumo

O processo de soldagem sempre fez parte da evolução humana, já que os mesmos sempre precisaram de ferramentas, tanto para caçar, plantar, e até mesmo para sobrevivência, e com isso a soldagem sempre se fez presente no cotidiano do ser humano, assim como também ajudou a indústria a se desenvolver, já que grande parte das ferramentas são feitas de metal, e na maior parte delas precisam ser moldadas para cada tipo de usabilidade. Devido à larga usabilidade do processo de soldagem e suas tecnologias na indústria é importante falar sobre as mais utilizadas, que são os processos de soldagem por eletrodo revestido, MIG/MAG, TIG, tendo em vista suas qualidades, importância, vantagens e desvantagens. Para isso realizou-se uma breve pesquisa bibliográfica em livros e trabalhos publicados nos últimos cinco anos, a fim de saber um pouco mais sobre os processos citados acima, com intuito de mostrar a importância deste tipo de processo para indústria, concluindo o trabalho com uma breve análise dessa importância dos processos de soldagem na vida do ser humano, tendo agora em mente toda sua larga usabilidade.

Palavras-chave: Solda, Eletrodo, Tig, Mig, Industria.

Abstrat

The welding process has always been part of human evolution, since they have always needed tools, both for hunting, planting, and even for survival, and with that welding has always been present in the daily life of human beings, as well as helped the industry to develop, since most of the tools are made of metal, and most of them need to be shaped for each type of usability. Due to the wide usability of the welding process and its technologies in the industry, it is important to talk about the most used ones, which are the coated electrode, MIG/MAG, TIG welding processes, in view of their qualities, importance, advantages and disadvantages. For this, a brief bibliographical research was carried out in books and works published in the last five years, in order to know a little more about the processes mentioned above, in order to show the importance of this type of process for the industry, concluding the work with a brief analyze the importance of welding processes in human life, keeping in mind all its wide usability.

Key-words: Solder, Electrode, tig, Mig, Industry.



1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa possui a intenção fornecer ao leitor conhecimentos sobre a importância da soldagem nos processos de fabricação, conceituando alguns processos de soldagem, suas particularidades, levando em consideração sua vasta utilização em pequenas e grandes organizações.

Com a evolução da humanidade e sua necessidade de produtos que facilitem a vida cotidiana, os processos de fabricação utilizando a soldagem foram criados e sempre evoluíram em conjunto com a humanidade consolidando assim seu espaço, uma vez que o homem sempre precisou de ferramentas para sobrevivência.

Existem uma grande variedade de processos de soldagem, tais como, soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido, MIG/MAG, TIG (tungstênio inerte gás). São usados metais para construção de quase tudo, desde pequenas pulseiras, joias, cadeiras de sala de aula, navios, aviões, grandes prédios. E, para isso será preciso unir peças metálicas, é quando entra o papel da soldagem. No presente estudo foram citados alguns tipos de processos de soldagem existentes.

Sendo assim realizar um estudo sobre soldagem é muito importante, pois, a soldagem é usada desde antes de Cristo e é usada até os dias atuais. Sempre evoluindo, se aprimorando e desenvolvendo novas tecnologias, buscando ter uma maior taxa de resistência sendo mais leve.

Dessa forma esse estudo, teve como objetivo geral proporcionar conhecimento e compreensão dos tipos de solda existente usados na área da manufatura mecânica. Com a pretensão de um melhor entendimento para o leitor, assim o mesmo obtém conhecimento para cada tipo de união/junção de peças, há um processo de soldagem mais adequado para que haja um melhor aproveitamento e melhor segurança do projeto em si.

A soldagem é um processo que tem por objetivo a união de matérias, ou seja, visa a união de peças metálicas. Dessa forma, como a soldagem pode vir a contribuir nos processos de fabricação na indústria?

Compreender os principais tipos de soldas utilizados na indústria, como são realizadas e discorrer sobre as vantagens e desvantagens de cada uma delas, é de grande importância para se ter uma ideia de como a indústria funciona em relação a fabricação em geral, e citar a evolução da soldagem nos processos de fabricação e contribuição de forma geral.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente estudo se trata de uma revisão bibliográfica, referente ao tema “Processos de soldagem e a sua importância”, que se dá por base de um levantamento de um estudo bibliográfico.

Devido a pouco material referido ao tema foi necessário a ampliação do número de palavras chaves para a pesquisa realizadas em sites de busca como: GOOGLE ACADEMICO (<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>), SCIELO (<https://www.scielo.br/>), CAPES (<https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>), as palavras chaves foram: soldagem; processos de fabricação; ciência dos materiais; resistência dos materiais; segurança; processos

industriais.

Esse estudo foi realizado na grande maioria em base de livros renomados publicados nos últimos 5 anos nos idiomas português e inglês, textos científicos, artigos e dissertações publicados no período 2018 a 2022.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Histórico

Para se começar a falar do processo de soldagem, é preciso primeiro entender o que é soldagem e qual a sua relevância na vida do ser humano.

A soldagem faz parte do nosso mundo e da nossa rotina em diversas áreas e aplicações: desde em uma simples união de tubos em uma instalação hidráulica utilizada para conduzir água para diversos lugares até nos processos de fabricação de equipamentos e produtos de grande porte, por exemplo, na fabricação de um navio e na fabricação de placas de comando utilizadas nos equipamentos eletroeletrônicos, compostas por elementos unidos por solda (CASARIN; SAMUEL. 2018, pág. 07).

Bem, e então o que é soldagem?

A soldagem é, portanto, uma tecnologia de conjugação de matérias, de modo a promover a eliminação de interfaces entre eles, para se ter um todo contínuo podendo ser definido como: Operação de união permanente de materiais metálicos através do aquecimento localizado até uma determinada temperatura, com ou sem emprego de metal de adição e/ou aplicação de pressão (BRANDÃO; JOSE EDUARDO. 2021, pag.69).

Segundo Faria, Felletti e Helleno (2022) de acordo com a AWS (American Welding Society), soldagem é o processo de união de materiais metálicos através de aquecimento até uma temperatura adequada. Há indícios do processo de soldagem é conhecido pela humanidade desde épocas remotas, há milhares de anos atrás.

De acordo com esses autores a soldagem é basicamente a união de peças metálicas, realizadas a partir de processo de aquecimento a uma certa temperatura, dependendo de material para material e tendo adição do metal base das peças a sofrerem o trabalho.

O processo de soldagem como se é conhecido é recente, mais ou menos cerca de um século, mas a relatos de já se ter união de peças metálicas desde os tempos remotos, um exemplo abordado sobre o assunto é um pingente de ouro soldado por volta do ano 4000 a. C. que está localizado no museu do Louvre. Com esta informação pode se afirmar que a soldagem já ajuda a humanidade desde o princípio da raça humana.

Segundo Sousa (2019) na idade média os processos de solda foram utilizados para a fabricação de armamento e para instrumentos cortantes. A soldagem permaneceu como processo secundário de fabricação até o século XIX, até que suas tecnologias começaram a alterar bruscamente.



2.2.2 Tipos de soldagem

É importante destacar é que processo de soldagem e solda, são coisas distintas, pois, soldagem é o processo pelo qual as peças são unidas e solda é apenas a junta, resultado do processo ou operação de soldagem. Existem vários processos de soldagem na indústria, mas nesse trabalho foram abordados apenas as mais utilizadas, sendo: soldagem com eletrodo revestido, solda MIG/MAG, soldagem TIG ou GTAW.

A primeira a ser citada é o processo de soldagem por eletrodo revestido, que se trata do processo em que é realizada com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade de um eletrodo metálico revestido e a peça de trabalho, segundo Casarin (2018 p. 136), “A soldagem com eletrodos revestidos é amplamente aplicada na montagem de diversos equipamentos e estruturas, seja em oficinas seja em atividades externas de manutenção”.

De acordo com Vieira (2021) o processo soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (do inglês *Shielded Metal Arc Welding*, abreviado, SMAW) é a técnica de fabricação de metal mais frequente na indústria devido à sua confiabilidade e capacidade de produzir soldas de boa qualidade. Durante a operação, a extremidade de metal desencapada da barra de fusão (oposta à ponta de soldagem) é presa no suporte do eletrodo que está conectado à fonte de alimentação. O suporte tem uma alça isolada para que possa ser segurado e manipulado por um soldador humano. A corrente normalmente usada nesta técnica de soldagem é 30 a 300A e tensão de 15 a 45V. A soldagem por arco de metal com eletrodo revestido geralmente é realizada manualmente.

Esse é o processo é o mais utilizado na indústria, devido ao seu baixo custo, sendo um ótimo custo-benefício, e a sua flexibilidade de locomoção, podendo ser levado para lugares onde as outras tem dificuldade de acesso, suas desvantagens principais são a baixa produtividade e também o cuidado especial com o eletrodo.

Outro tipo de solda bastante utilizado nos dias atuais é conhecida como solda MIG/MAG, de acordo com Casarin (2018 p.128), “Um dos processos de soldagem por fusão a arco elétrico mais utilizado nas indústrias metalúrgicas e mecânicas é a solda MIG/MAG que significa *Metal Inert Gas* (MIG) e *Metal Active Gas* (MAG)”. Basicamente se diferencia por usar dois tipos de gases, sendo um gás metal ativo e o outro um gás metal inerte, tendo um grande papel na indústria automobilística, devido a sua resistência e agilidade no processo de junção das peças, e algumas de suas limitações é que não pode ser usada onde a correntes de ar, a probabilidade mais elevada de porosidade da solda e também seu curto um pouco mais elevado que o eletrodo revestido. Processo MIG/MAG contém um arco juntamente com um arame sendo consumida na peça. O arco com o arame vai alimentando direto a poça do material que vai ser fundida. O material tem uma proteção com a mistura dos gases que são ativos (CLEBER, 2005 apud PEREIRA, 2021).

E por último, a soldagem TIG, que neste processo é utilizado o eletrodo de tungstênio para a formação do arco sobre proteção gasosa conhecida como GTWA (*gas tungsten arc welding*) que nada mais é do que a união de materiais que são fundidos através do aquecimento do arco elétrico que ocorre por um eletrodo de tungstênio que não é consumível (WAINER, 1992. Apud SOUSA, 2019). De acordo com Casarin (2018 p.132) “diferente do processo de solda MIG/MAG, na qual o eletrodo é consumido, na soldagem TIG o eletrodo é não consumível, sua função é a de conduzir a corrente para formar o arco de solda e criar a poça de fusão no metal base. Como o eletrodo não se desgasta (não é consumido), não ocorre a formação de escória e a solda obtida é de ótima qualidade e sem haja necessidade de limpeza no fim do processo. A proteção gasosa é feita por um gás inerte puro ou pela mistura de dois gases”. Ainda segundo Casarin (2018 p.132) “A solda TIG é melhor para soldagem de ligas de alumínio e aços inoxidáveis. É muito usada na indústria nuclear, aero-

náutica, química e de alimentos. Ela pode ainda ser aplicada na soldagem de aços carbono de baixa liga, ligas de magnésio, níquel e cobre”. É um dos tipos de solda mais resistente que existe na indústria até a realização desta pesquisa, não produzindo escoria e de alta qualidade, sendo essas algumas de suas vantagens e suas desvantagens principais são o seu custo e a sua dificuldade de realização, sendo feita apenas por profissionais extremamente capacitados ou de forma robótica.

2.2.3 Resultados

Em um estudo realizado por Douglas Samuel Sousa Vieira, para o Trabalho de conclusão de curso em busca de obter o título de Bacharel em Engenharia Mecânica, publicado em 2021, pela Faculdade Evangélica de Goianésia - FACEG, o autor apresenta um estudo onde foi realizada uma comparação dos custos dos métodos de soldagem MIG, eletrodo revestido e TIG.

De acordo com Vieira (2021), dada a variedade de processos de soldagem utilizados na indústria, é importante entender as vantagens e desvantagens de cada um, principalmente em termos econômicos, pois os mais utilizados são as soldas MIG, TIG e eletrodo revestido analisados neste estudo.

Ainda segundo Vieira (2021), foram realizados ensaios em corpos de provas fabricados reunindo assim dados em um processo que visa analisar cada técnica e assim tirar conclusões sobre qual processo de soldagem é o mais econômico, além de observar as diferenças mecânicas com muita rapidez, este estudo traz uma análise que podem auxiliar pesquisas futuras relacionadas aos processos de soldagem.

De acordo com Vieira (2021), diante de tudo, entende-se que além de analisar a quantidade de consumíveis, é muito interessante considerar as variáveis de custo, o limite de resistência e a tensão antes da ruptura, que são características importantíssimas na área da metalurgia. Custo necessário para cada processo e quanto tempo é necessário para os profissionais de soldagem realizar o trabalho.

Vieira (2021) afirma ainda no seu estudo que o processo MIG foi o mais rentável pensando no custo, já que apresentou 38,4% do custo do processo TIG e 43,7% do processo com Eletrodo Revestido. O corpo de prova fabricado com o processo de MIG/MAG apresentou ser mais duro entre os processos abordados e resistência parecido ao do processo TIG.

Este primeiro trabalho realizado por Douglas Samuel Sousa Vieira (2021), teve como base mostrar qual seria o processo de soldagem mais bem-sucedido em relação ao custo-benefício, usando assim corpos de provas que foram feitos utilizando os três principais tipos de processo de soldagem, o eletrodo revestido, TIG e MIG/MAG. Segundo Vieira (2021), foi realizada uma série de testes visando a quantidade de material usado, o tempo preciso para realizar o trabalho, a dureza do trabalho pronto e sua resistência, ainda segundo Vieira todas tem sua melhor aplicabilidade, mas em relação a custo-benefício o processo que se sobressai entre os outros é o processo de soldagem por MIG/MAG já que o mesmo apresentou um custo total inferior aos demais testados em seu estudo, tendo também uma dureza maior e uma resistência maior que a do eletrodo revestido e parecido com o processo de soldagem por TIG.

Em uma pesquisa realizada por Gabriel Oliveira Moraes, para o Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, publicado em 2022, pela Universidade Federal Fluminense, o autor apresenta um estudo sobre os processos de fabricação e inspeção utilizados na indústria de construção marítima: soldagem, corte, pintura e en-

saios não destrutivos. Logo de acordo com o que diz respeito ao processo de soldagem no decorrer do trabalho.

Em relação a construção naval o processo de soldagem ofereceu resultados positivos para esse setor, pois o mesmo contribui aumentando a qualidade e produtividade de todo o processo de construção, que antes era realizada com os rebites, além de ser muito importante explicar que o processo de soldagem traz uma grande economia, ou seja, a medida que o custo da soldagem requer no custo total da construção de um navio pode extrapolar os 10% (VASCONCELOS, 2014) apud (MORAIS, 2022).

Logo o uso da soldagem na fabricação de navios contribui com diversos benefícios como as técnicas de pré-fabricação, agilidade para produzir juntas, diminuição da manutenção dos rebites, menor peso da embarcação e redução do atrito do casco da embarcação com a água. (RIBEIRO, 2015 apud MORAIS, 2022).

Nesse segundo caso abordado, pode-se ter noção de como a soldagem beneficiou a construção naval, já que antes era feita com rebites, deixando-as mais pesadas, problema resolvido com o processo de soldagem, além de deixar as embarcações mais leves, o que causa menos atrito das embarcações com a água, deixando-as mais rápidas, além também de ajudar na velocidade em que são fabricadas.

Em um estudo realizado por Paulo Roberto Domingo da Silva, Márcio Ramos da Silva, João Vítor Rocha de Campos, Paulo Roberto Cinti Ramos e Anderson Elias Furtado, para o Trabalho de conclusão de curso em busca de obter o título de Bacharel em Engenharia Mecânica, publicado em 2019, pela Faculdade FARO – Faculdade de Roseira, o autor apresenta um estudo de caso cujo ideia é a redução do impacto financeiro e ambiental em relação a recuperação de um eixo de uma escavadeira hidráulica por solda SMAW(eletrodo revestido).

Segundo Silva et al. (2019), a recuperação da solda segue etapas predefinidas, padronizando os modos de análise, permitindo aplicar os métodos de manutenção mais adequados, garantindo assim a qualidade das peças. Primeiramente, deve-se analisar a falha: localização, causa, função, identificação do material envolvido e determinação do estado do material. Em seguida, defina o processo de soldagem a ser aplicado e execute os métodos: pré-usinagem, deformação, soldagem, pré-aquecimento e pós-aquecimento, tratamento térmico e pós-processamento.

Segundo Silva et al. (2019), o processo de soldagem a arco de eletrodo revestido (SMAW) usa um eletrodo revestido com um núcleo de 250 a 500 mm de comprimento e conduz uma corrente elétrica como carga, que pode conter elementos que afetam as propriedades metalúrgicas. O eletrodo é coberto com camadas de minerais e outros materiais com um diâmetro de 2-8 mm. Este revestimento estabiliza o arco e forma uma escória que protege a área de soldagem da atmosfera. O revestimento que mais se adequa para soldar aços-liga, é o básico, devido à baixa tendência em oxidar metais. Seu cordão tem penetração média e requer secagem.

Ainda, de acordo com Silva et al. (2019), escavadeiras hidráulicas são maquinários que estão sempre recebendo grandes esforços em suas estruturas, elementos hidráulicos e articulações. Em sua estrutura tem eixos de articulação e fixação, que sofrem bastantes esforços mecânicos, sendo: fricção, torção e compressão. No caso deste projeto o eixo da Escavadeira Hidráulica Liebherr 944C de uma empresa do Vale do Paraíba em São Paulo apresentavam folgas excessivas na articulação da concha resultado do desgaste e tinha de ser recuperado ou trocado. Esse eixo é produzido de um aço SAE 4340, tratando-se, de um aço ARBL.

De acordo com Silva et al, (2019), já que se tratar de uma peça em aço microligado SAE 4340 com superfície temperada e revenida ele apresenta nesse estado pouca usinabilidade, dessa forma, a primeira etapa para a recuperação da peça foi realizar o tratamento de normalização da mesma, para reduzir a elevada dureza da estrutura martensítica para uma estrutura composta por (perlita fina, ferrita etc.) desfazendo assim a camada superficial temperada e revenida.

Segundo Silva et al, (2019), por conta do baixo custo, acessibilidade, versatilidade e extensa gama de ligas especiais, o processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido - SMAW foi o escolhido para recuperação da peça na qual se deseja realizar a recuperação.

E de acordo com Silva et al. (2019), no que se refere aos custos, uma simples análise do valor para aquisição de um eixo novo, que custava em torno de 4200 reais no mercado em 2018 com o custo da recuperação pelo processo de soldagem por eletrodo revestido, o qual foi de 1800 reais, já permite identificar uma redução de quase 60% o custo para tornar novamente operacional a escavadeira.

Neste caso que se acabou de apresentar pode-se ver como um processo de soldagem relativamente simples na indústria, o SMAW, pode se obter uma economia, somente com a recuperação da peça de uma máquina cujo a troca total da peça seria 60% maior, mostrando assim, aqui mais um dos motivos da importância de tal processo, já se obteve economia e ainda menos material sendo usado para fabricação de uma nova, ajudando também o meio ambiente.

3. CONCLUSÃO

Vários processos de soldagem estão em uso na indústria atual. Compreender as vantagens e desvantagens de cada um é importante para criar uma mentalidade econômica, tendo em vista o que as empresas buscam que é o custo-benefício. Os métodos de soldagem atuais incluem eletrodo revestido, MIG/MAG e TIG esses foram o foco desta pesquisa.

Como foi visto no decorrer da pesquisa, o processo de soldagem é indispensável na fabricação de quase todos os materiais no qual a sociedade precisa e usa, tanto para indústria para trabalhos mais pesados, como escavadeiras como foi abordado, quanto para descanso, uma cadeira de balanço, por exemplo. Pôde se ver uma breve história de como a soldagem começou, como era usada e como está sendo usada, se viu também brevemente como cada umas das mais utilizadas, funciona, e utilizada, tendo seu lugar de destaque nos processos de fabricação.

Depois de realizado toda a pesquisa com vários autores diferentes e tendo em vista atuação na área em questão, como foi possível verificar no decorrer do texto os objetivos deste trabalho foram alcançados já que foi apresentado a importância e usabilidade dos processos de soldagem na indústria, assim como também uma pequena parte de sua história e evolução, pode-se afirmar também que para cada processo de soldagem existe uma vantagem e uma desvantagem, cada uma com sua área de melhor aplicação, sendo a TIG a mais utilizada na indústria automotiva por ser a mais resistente, e a de eletrodo revestido mais utilizada, devido a sua grande facilidade de locomoção.

Referências

- CASARIM, Samuel José. **Manufatura Mecânica: Soldagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2018.
- BRANDÃO, José Eduardo. **Tecnologia da soldagem**. Belo Horizonte: PUC Minas, 2021.
- FARIA, I.C.S. FILLETI, R.A.P. HELLENO, A.L. Evolução dos processos de automação em células de soldagem: uma revisão de literatura. **Soldagem & Inspeção**. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI27.04>. Acesso em: 20 set. 2022.
- SOUZA, S.S. NUNES, W.M.M. PAGANINI, P. **Processo de Soldagem: uma Introdução aos Princípios Básicos do Processo de Soldagem TIG Aplicado na Indústria Mecânica**. 2019. Disponível em: <https://www.revista.pgsskroton.com/index.php/rcext/article/view/6635>. Acesso em: 20 set. 2022.
- PEREIRA, V.S. **Análise do Processo de Soldagem MIG/MAG Manualmente e Automatizada**. 2021. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/2237>. Acesso em: 20 set. 2022.
- VIEIRA, D.S.S. **Comparação dos Custos dos Métodos de Soldagem MIG, Eletrodo Revestido, MAG**. 2021. Disponível em: <http://45.4.96.19/handle/aee/18601>. Acesso em 20 set. 2022.
- MORAIS, G.O. **Processos de Fabricação e Inspeção Utilizados na Indústria de Construção Marítima: Soldagem, Corte, Pintura e Ensaio não Destrutivos**. 2022. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/25834/Gabriel%20Morais%20-%20Processos%20de%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20e%20inspe%C3%A7%C3%A3o.pdf?sequence=1>. Acesso em 20 set. 2022.
- SILVA, P.R.D. SILVA, M.R. CAMPOS, J.V.R. RAMOS, P.R.C. FURTADO, A.E. **Redução do Impacto Financeiro e Ambiental: Estudo de Caso da Recuperação de Um Eixo de Escavadeira Hidráulica por Solda SMAW**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anderson-Furtado/publication/335635340_Reduc%C3%A7%C3%A3o-do-impacto-financeiro-e-ambiental-estudo-de-caso-da-recupera%C3%A7%C3%A3o-de-um-eixo-de-escavadeira-hidraulica-por-solda-smaw/links/5d7518d9a6fdcc9961ba0d05/Reducao-do-impacto-financeiro-e-ambiental-estudo-de-caso-da-recuperacao-de-um-eixo-de-escavadeira-hidraulica-por-solda-smaw.pdf. Acesso em 20 set. 2022.

32

SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS: DA MANUTENÇÃO PERIÓDICA À USABILIDADE

*INDUSTRIAL HYDRAULIC SYSTEMS: FROM PERIODIC
MAINTENANCE TO USABILITY*

Francisco de Assis Pinheiro Gomes

Resumo

A presente pesquisa abordou sobre os sistemas hidráulicos de manutenção industrial, com base na manutenção periódica à usabilidade. As indústrias dependem, necessariamente, da produtividade com menor custo, incluindo recursos materiais e mão-de-obra especializada para sobreviverem e se destacarem no mercado de trabalho competitivo. Neste artigo, a pesquisa foi pautada nos sistemas hidráulicos industriais e a importância da manutenção periódica, proporcionando efetividade em toda sua cadeia produtiva, enfatizando a inserção de tecnologias que caracterizam a indústria 4.0 e de métodos, ou seja, de protocolos controlados que visam otimizar os processos industriais por meio das metodologias existentes para melhor utilização dos sistemas hidráulicos dentro das indústrias, mantendo a disponibilidade/usabilidade destes, minimizando e até evitando o risco de paradas não programadas. O objetivo geral buscou compreender a importância dos sistemas hidráulicos de manutenção industrial. O método de pesquisa utilizado foi à revisão bibliográfica, onde foram explorados livros, artigos, revistas e trabalhos publicados nos dez últimos anos. Conclui-se, portanto que os elementos que compõem um sistema hidráulico e os procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos industriais, utilizando protocolos pré-estabelecidos e controlados, onde a implantação destas ferramentas possibilita a garantia do bom funcionamento das indústrias, especialmente no que se refere à produção com resultados positivos e vantagem competitiva.

Palavras-chave: Engenharia mecânica. Hidráulica. Indústria 4.0. Processos industriais. Manutenção preventiva.

Abstract

The present research approached about the hydraulic systems of industrial maintenance, based on the periodic maintenance to the usability. Industries necessarily depend on productivity at the lowest cost, including material resources and skilled labor to survive and stand out in the competitive job market. In this article, the research was based on industrial hydraulic systems and the importance of periodic maintenance, providing effectiveness throughout its production chain, emphasizing the insertion of technologies that characterize industry 4.0 and methods, that is, controlled protocols that aim to optimize processes. industrial processes through existing methodologies for better use of hydraulic systems within industries, maintaining their availability/usability, minimizing and even avoiding the risk of unscheduled stops. The general objective sought to understand the importance of hydraulic systems for industrial maintenance. The research method used was the bibliographic review, where books, articles, magazines and works published in the last ten years were explored. It is concluded, therefore, that the elements that make up a hydraulic system and the preventive maintenance procedures of industrial hydraulic systems, using pre-established and controlled protocols, where the implementation of these tools makes it possible to guarantee the good functioning of industries, especially in what concerns refers to production with positive results and competitive advantage.

Keywords: Mechanical Engineering. Hydraulics. Industry 4.0. Industrial processes. Preventive maintenance.

1. INTRODUÇÃO

As áreas do conhecimento científico, em especial, as das Engenharias têm sido impactadas por mudanças tecnológicas constantes. Tais impactos tecnológicos definem a Indústria 4.0 que tem como grande diferencial a utilização de tecnologias avançadas em atividades de rotina, desde as mais simples até as de alta complexidade, conectando máquinas, transformando os sistemas de produção tradicionais em sistemas de produção inteligentes.

Entendendo que a sobrevivência das indústrias, no mercado competitivo, está diretamente relacionada com o fazer mais com menos custos, incluindo os recursos materiais e a mão-de-obra especializada, existe a busca por métodos que visam maximizar os lucros e, conseqüentemente, diminuir os prejuízos que venham a aparecer.

Com atenção aos sistemas hidráulicos que, nas indústrias, podem apresentar problemas com impactos em menor ou grande escala, causando prejuízos expressivos, fez-se o seguinte questionamento: De que maneira pode-se manter a disponibilidade/usabilidade dos sistemas hidráulicos industriais para minimizar e até evitar o risco de paradas não programadas?

Para possíveis resoluções, este artigo tem como objetivo geral apresentar os procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos industriais a partir de protocolos pré-estabelecidos e controlados, e como objetivos específicos: compreender os sistemas hidráulicos, bem como os principais componentes dos sistemas hidráulicos industriais; descrever os processos de manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos industriais e; contextualizar, à luz da literatura, sobre a importância dos sistemas hidráulicos e sua usabilidade nas indústrias.

Para este estudo foi utilizado como procedimento metodológico a Revisão Bibliográfica ou Revisão de Literatura que se refere a “toda bibliografia já publicada em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita” (MARCONI; LAKATOS, 2015, p. 44), com abordagem de natureza qualitativa, empregando técnicas interpretativas para análise e compreensão dos fenômenos, de forma subjetiva e descritiva. (SORDI, 2013)

Este tipo de pesquisa possibilitou rever publicações acerca de estudos sobre os Sistemas Hidráulicos Industriais, a partir de um levantamento bibliográfico de ideias, conceitos e estudos publicados por outros autores renomados, que embasaram, teoricamente, a pesquisa, como: Azevedo Netto, Miguel Fernández, Paulo Samuel Almeida, Márcio Rodrigues Gomes, Marcos Andrade Fábio Ferraz, Elmo Souza Dutra da Silveira Filho, Bruna Karine Santos e outros de grande relevância ao tema.

O estudo se deu por meio de consultas aos materiais bibliográficos publicados nos últimos doze anos, em livros, dissertações e artigos científicos selecionados, com busca, principalmente, nas bases de dados: Scielo, Ebsco, Biblioteca Virtual 3.0, Google Acadêmico entre outras, utilizando as principais palavras-chave: Engenharia mecânica, Hidráulica, Sistemas hidráulicos, Indústria 4.0, Processos industriais e Manutenção preventiva.

2. SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS

Dentre os estudos realizados por Gomes e Ferraz (2022) sobre a energia hidráulica, os autores apresentam como principal vantagem na utilização deste tipo de energia a



facilidade de controle, especialmente, dos níveis de velocidade e inversão, sendo possível movimentos mais precisos com menos falhas em todo o sistema hidráulico. Além disso, permite transferir energia para locais remotos, utilizando menos peças móveis com a obtenção de alta eficiência.

A principal função da hidráulica é permitir que se faça um trabalho significativo com investimentos mínimos em ligações mecânicas através da aplicação da Lei de Pascal, onde a pressão aplicada a um fluido confinado em qualquer ponto é transmitida sem redução por todo o fluido em todas as direções e atua sobre todas as partes do vaso confinante em ângulo reto com suas superfícies interiores em áreas iguais (HELERBROCK, 2022).

A Lei ou Princípio de Pascal é um dos princípios que compõe o estudo da Hidrostática, que nada mais é que “a área da física dedicada ao estudo de fluidos que se encontram em equilíbrio estático ou dinâmico”, aplicada no estudo da mecânica dos fluidos, e, é graças a ela que os pistões hidráulicos funcionam. (HEWITT, 2011).

Os sistemas hidráulicos, segundo Silveira Filho (2018, p. 23), são constituídos por um circuito fechado de um fluido em bombeamento, onde um motor aciona uma bomba que cria a vazão desse fluido e que retorna para o reservatório, onde seus principais componentes são: o reservatório, a bomba, as válvulas e os atuadores, conforme ilustrado na Figura 1:

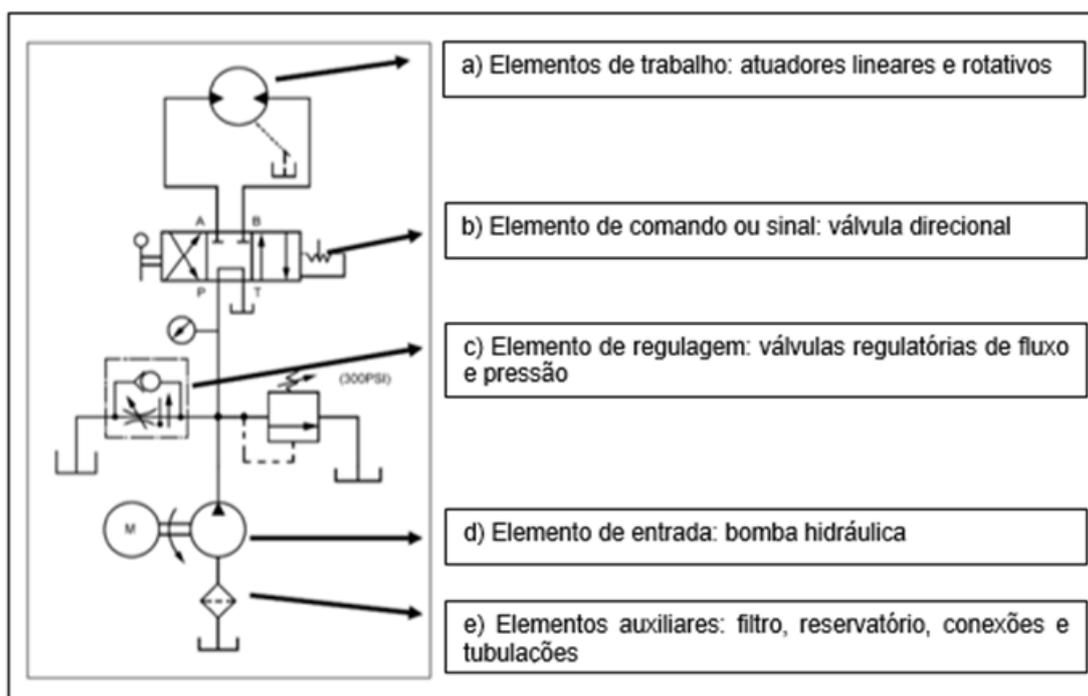


Figura 1 – Componentes Básicos do Sistema Hidráulico

Fonte: Lima, 2022.

Sobre a finalidade de cada componente do sistema hidráulico, Pavani (2011, p. 151) resalta que os atuadores têm como função transformarem a energia hidráulica em energia mecânica, através do uso de um cilindro hidráulico que converte energia hidráulica em movimento e trabalho linear ou um motor hidráulico que converte energia hidráulica em movimento e trabalho rotativo; as válvulas são utilizadas em um sistema para abrir, parar e direcionar o fluxo de fluido. A bomba tem a função de transformar a energia mecânica em energia hidráulica e o reservatório tem a função de reter um volume de fluido, transferindo calor do sistema, permitindo a contaminação de sólidos, facilitando a liberação de ar e a umidade do fluido.

Os componentes hidráulicos são autolubrificantes, compactos e fáceis de serem instalados em comparação com as peças dos sistemas elétricos ou demais fontes de transmissão de energia. Contudo, existem muitos componentes indispensáveis para o bom funcionamento dos sistemas hidráulicos, onde se destaca a válvula solenoide. (MAESTRO, 2019)

Dentre as áreas de atuação da Hidráulica Aplicada ou Hidrotécnica têm-se as instalações prediais que, segundo Azevedo Netto e Fernández (2015, p. 18), subdividem-se em: 1) industriais; 2) comerciais; 3) residenciais e, 4) públicas.

Nesta pesquisa, os estudos foram voltados para os sistemas hidráulicos industriais, definidos como sistemas que se utilizam do fluido sob pressão para transmitir a potência necessária para que o equipamento funcione.

Nos setores industriais, os sistemas hidráulicos são aplicados em larga escala que são responsáveis pela transmissão de movimentos e multiplicação de força, a partir de condutores e bombas hidráulicas, os atuadores e motores hidráulicos, as válvulas reguladoras e de controle (MAESTRO, 2019).

Segundo Oliveira (2016, p. 16), os principais componentes que constituem os sistemas hidráulicos industriais são: circuitos, cilindros, bombas e motores, conforme apresentado no Quadro 1:

| COMPONENTES | CARACTERÍSTICAS |
|-----------------------|---|
| Circuitos hidráulicos | <p>Transportam líquido através de um conjunto de componentes interconectados.</p> <p>Controlam a manipulação por onde o fluido manipulado flui.</p> <p>Aplicados, principalmente, nos processos químicos.</p> |
| Cilindros hidráulicos | <p>Convertem a energia armazenada no fluido hidráulico em uma força usada para mover o cilindro em uma direção linear.</p> <p>Aplicados frequentemente, pois podem ser de ação simples ou dupla.</p> <p>Iniciam a pressão do fluido, tendo o fluxo regulado por um motor hidráulico.</p> |
| Bombas hidráulicas | <p>Convertem energia mecânica em energia hidráulica com a utilização do fluxo e da pressão das bombas.</p> <p>Operam criando um vácuo na entrada da bomba, forçando o líquido de um reservatório para uma linha de entrada e para a bomba.</p> <p>A ação mecânica envia o líquido para a saída das bombas.</p> <p>Aplicação da Lei de Pascal.</p> |
| Motores hidráulicos | <p>Convertem a pressão hidráulica e do fluxo em torque.</p> <p>Funcionam em rotação.</p> <p>Utilização adaptável.</p> <p>Podem ser unidos em um sistema de acionamento hidráulico.</p> <p>Movidos a fluido hidráulico.</p> |
| | |

Quadro 1 – Principais Componentes dos Sistemas Hidráulicos utilizados na Indústria

Fonte: Adaptado de Oliveira (2016)

Os circuitos hidráulicos são sistemas que usam fluidos para transferir energia de um lugar para outro que, por meio de um conjunto de componentes interconectados, controlam o fluido manipulado, bem como sua pressão (OLIVEIRA, 2016). Por isso, são utilizados frequentemente, em equipamentos que necessitam de grande força para funcionar.

Já os cilindros hidráulicos são mecanismos que convertem a energia armazenada no fluido hidráulico em uma força usada para mover o cilindro em direção linear, onde os cilindros iniciam a pressão do fluido e o fluxo é regulado por um motor hidráulico (OLIVEIRA, 2016).

As bombas hidráulicas convertem a energia mecânica em energia hidráulica, usando o fluxo e a pressão delas, onde operam criando um vácuo na entrada da bomba, forçando o líquido de um reservatório para uma linha de entrada e para a bomba. Na sequência, a ação mecânica envia o líquido para a saída da bomba, enquanto os motores hidráulicos convertem a pressão hidráulica e do fluxo em torque, ou seja, em força de torção. (OLIVEIRA, 2016).

Para Oliveira (2016, p. 18), os motores hidráulicos em conjunto com as bombas hidráulicas, podem criar transmissões hidráulicas. Dentro das indústrias, embora alguns motores

hidráulicos funcionem com água, a maioria das operações comerciais da atualidade é movida a fluido hidráulico.

3. MANUTENÇÃO PERIÓDICA À USABILIDADE

Considerando que a indústria trabalha com uma série de máquinas, equipamentos, sistemas, estruturas e redes que se interligam para a geração de energia e, conseqüentemente, atuam na produção industrial, existem diferentes etapas de trabalho nas fábricas que demandam atenção e cuidados para o pleno funcionamento do processo produtivo.

Mais recentemente, o desenvolvimento tecnológico permitiu aprimorar os sistemas hidráulicos, tornando-os mais eficientes, resistentes e ágeis. Além disso, o fluido sob pressão é uma aquisição moderna, sendo usado na transmissão de potência.

Os sistemas hidráulicos industriais podem apresentar complexidade nos processos e com diversas variáveis. Sendo assim, uma falha, por menor que seja, pode comprometer todo o desenvolvimento e resultado da produção. A partir dessa possibilidade surgiu também a necessidade de elaboração de um plano de manutenção preventiva, partindo da identificação do problema até uma possível solução para a falha dentro de todo o processo. (MAESTRO, 2019).

As manutenções preventivas são responsáveis por detectar problemas nos equipamentos da empresa. Essas supervisões, programadas com certa periodicidade, são realizadas geralmente para trocar alguma peça que tenha vida útil menor que as outras, como, por exemplo, as borrachas de vedação ou fluidos, ou mangueiras hidráulicas.

De acordo com Hennings (2021), as ações relativas às manutenções preventivas devem ser priorizadas, uma vez que estas evitam falhas nos sistemas hidráulicos e garantem a segurança dos colaboradores e do funcionamento da empresa de maneira geral.

Os procedimentos para a criação de um plano de manutenção efetivo têm o intuito, primeiramente, de assegurar a clareza dos fluidos e das filtrações adequadas para cada tipo de fluido hidráulico, determinando se a limpeza dos fluidos acontecerá de acordo com os fabricantes ou com a recomendação dos operadores do equipamento. (HENNING, 2021).

No plano de manutenção preventiva devem estar descritos quais os métodos de monitoramento deverão ser utilizados, ou seja, como serão feitos os testes de qualidade e quantidade de fluido no sistema. Na maioria das vezes, segundo Hennings (2021), os testes são realizados a partir do envio de amostragens para laboratórios especializados nestes tipos de análises, onde estes monitoram e comparam os resultados, baseados em padrões de referência e limites estabelecidos pela empresa como aceitáveis.

A inserção das tecnologias nas indústrias vem contribuindo para um cenário de qualidade na produção com inovação, gerando manutenção da rentabilidade, organização, resolução de problemas e planos de melhoria. Portanto, o interesse e relevância do tema, abordando os sistemas hidráulicos industriais, a sua manutenção periódica e sua usabilidade tornam-se essenciais para as áreas de atuação relacionadas à Engenharia Mecânica.

Os sistemas hidráulicos são importantes para o acionamento das máquinas e até mesmo de outros sistemas integrais que necessitam de transferência de energia em processos industriais. Conforme ressaltado por Hernandez (2019), em sua aula de introdução à disciplina de hidráulica, tais sistemas “[...] são utilizados para o controle, a geração e a transmissão de energia por meio de líquidos pressurizados, o que proporciona características, como: alta precisão e força, controle de velocidade e do sentido de deslocamento”.



A partir dos resultados obtidos por meio de revisão bibliográfica e com o intuito de responder ao problema de pesquisa sobre de que maneira pode-se manter a disponibilidade/usabilidade dos sistemas hidráulicos industriais para minimizar e até evitar o risco de paradas não programadas, foi relevante, primeiramente, compreender os sistemas hidráulicos utilizados na indústria e seus principais componentes, descrevendo os processos de manutenção preventiva e como os protocolos para tal manutenção podem evitar as paradas não programadas dos sistemas hidráulicos industriais.

Considerando que a principal vantagem da energia hidráulica é a facilidade de controle, especialmente, dos níveis de velocidade e inversão, possibilitando a precisão do movimento, com menos falhas em todo o sistema. Fez-se necessário, portanto, conhecer os elementos que compõem, basicamente, um sistema hidráulico.

Tais componentes devem estar em boas condições para que a máquina e/ou equipamento funcionem perfeitamente, e, para que isto aconteça é importante que tanto os componentes quanto a instalação sejam de qualidade e, conseqüentemente, aconteçam as manutenções periódicas com foco na produtividade e vida útil do equipamento.

Diversas áreas que têm seus processos automatizados só existem devido a utilização dos sistemas hidráulicos para controle de movimentos, por isso, são essenciais para o bom funcionamento de máquinas e equipamentos, especialmente dentro das indústrias, onde são utilizadas os tornos, as máquinas injetoras, as retificadoras entre outros. Estes sistemas são responsáveis por conduzir os fluídos – a água, o óleo e os gases – como parte da cadeia produtiva.

Com a evolução dos sistemas hidráulicos, a partir de tecnologias avançadas e automação dos processos antes realizados de maneira artesanal, aumenta ainda mais a necessidade de procedimentos mais controlados com a menor possibilidade de erro possível, onde os movimentos de cada elemento devem ser precisos. Daí a importância do estudo sobre os sistemas hidráulicos dentro das indústrias, a otimização dos processos e, conseqüentemente, a usabilidade dos mesmos.

Para a máxima de que ‘prevenir é melhor que remediar’, especialmente, dentro dos processos que envolvem os sistemas hidráulicos industriais, houve a necessidade de adoção de protocolos controlados de manutenção preventiva.

Baseado na criação dos protocolos controlados e a relevância dos sistemas hidráulicos dentro das indústrias com processos cada vez mais coesos e modernos, a manutenção preventiva se faz necessária para garantir, com isso, a efetividade do seu uso em toda cadeia produtiva.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, a partir de revisão bibliográfica, descreveu-se sobre os procedimentos de manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos a partir de protocolos pré-estabelecidos e controlados, e, para alcançar o objetivo geral deste trabalho, alguns caminhos foram percorridos por meio da compreensão dos sistemas hidráulicos industriais existentes, os processos de manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos industriais, bem como sua importância e usabilidade.

Ao final deste artigo foi possível demonstrar a grande importância em utilizar protocolos controlados para paradas programadas do sistema hidráulico, tendo em vista a necessidade de manutenção preventiva para otimizar os processos de produção.

Espera-se que esta pesquisa contribua positivamente e atenda à comunidade acadêmica, em especial as áreas de Engenharia, uma vez que, por sua importância, o tema demanda pesquisas mais aprofundadas, com ênfase em assuntos referentes à manutenção preventiva do sistema hidráulico industrial, atendendo também ao bem comum da sociedade.

Referências

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de.; FERNÁNDEZ, Miguel. **Manual de hidráulica**. Rio de Janeiro: Blucher, 2015.

GOMES, Marcio Rodrigues; FERRAZ, Marcos Andrade Fábio. **Apostila de hidráulica**. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia Unidade de Ensino de Santo Amaro. Disponível em: <https://www.movicontrol.com.br/pdf/artigos-tecnicos1/APOSTILA%20HIDRAULICA%20B%C3%81SICA.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

HELERBROCK, Rafael. **Princípio de Pascal**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-de-pascal.htm>. Acesso em: 20 out. 2022.

HENNINGS, Alberto. **Manutenção preventiva em sistemas hidráulicos**. 2021. Disponível em: <https://hennings.com.br/manutencao-preventiva-em-sistemas-hidraulicos>. Acesso em: 20 out. 2022.

HERNANDEZ, Ricardo. **Introdução à disciplina de hidráulica**. Paraná: Universidade Tecnológica do Paraná – Campus Pato Branco, 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YObKJH2fmkM&t=14s>. Acesso em: 20 out. 2022.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

LIMA, Gustavo Fernandes de. **Componentes de um sistema hidráulico: parte I**. Rio Grande do Norte: Instituto Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/disciplinas/comandos-eletrhidraulicos-e-eletpneumaticos/componentes-de-um-sistema-hidraulico-i-sub>. Acesso em: 19 out. 2022.

MAESTRO. **Os sistemas hidráulicos industriais**. 2019. Disponível em: <http://www.maestro.ind.br/manutencao-e-montagem-industrial-o-que-e-preciso-saber>. Acesso em: 19 out. 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

OLIVEIRA, Felipe Pellegrino de. **Estudo de diálise online de óleo hidráulico de escavadeira por meio de monitoramento de nível de contaminação**. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia – Universidade de Juiz de Fora, MG. Juiz de Fora, 2016.

PAVANI, Sérgio Adalberto. **Comandos pneumáticos e hidráulicos**. 3. ed. Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria; Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

SILVEIRA FILHO, Elmo Souza Dutra da; SANTOS, Bruna Karine. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos**. Porto Alegre: Grupo A, 2018.

SORDI, José Osvaldo De. **Elaboração de pesquisa científica: seleção, leitura e redação**. São Paulo: Saraiva, 2013.



33

**FREIOS MECÂNICOS: INFLUÊNCIA DO
SUPERAQUECIMENTO NO DISCO DE FREIO AUTOMOTIVO**
*MECHANICAL BRAKES: INFLUENCE OF OVERHEATING ON
THE AUTOMOTIVE BRAKE DISC*

João Batista Amaral Junior
Mirian Nunes de Carvalho

Resumo

O presente estudo trata da influência do superaquecimento nos freios automotivos. O objetivo do estudo foi compreender os benefícios ao se controlar as temperaturas no sistema de freio automotivo. A metodologia utilizada no desenvolvimento do estudo foi a revisão bibliográfica. No que se refere ao superaquecimento, uma série de fatores podem contribuir para o aumento da temperatura dos freios, e dentre estes destacam-se o atrito que tem a ação de força de contato entre dois corpos, o peso que o veículo possui, uso dos automóveis com velocidade que não são compatíveis, ausência da ventilação, os desgastes de seus componentes, frenagens inadequadas, fatores que se não solucionados podem levar a sérios problemas no veículo. Os resultados do estudo mostram que uma forma de prevenir o superaquecimento é realizar manutenções periódicas para identificar o problema e evitar maiores prejuízos, tais como a adoção de manutenções preventivas e preditivas.

Palavras-chave: Freios automotivos; Superaquecimentos; Manutenção.

Abstract

The present study deals with the influence of overheating on automotive brakes. The objective of the study was to understand the benefits of controlling the temperatures in the automotive ugly system. The methodology used in the development of the study was the bibliographic review. With regard to overheating, a series of factors can contribute to the increase in temperature of the brakes, and among these the friction that has the action of contact force between two bodies, the weight that the vehicle has, use of cars with speed that are not compatible, lack of ventilation, the wear of its components, inadequate braking, factors that if not solved can lead to serious problems in the vehicle. The results of the study show that one way to prevent overheating is to carry out periodic maintenance to identify the problem and avoid further damage, such as the adoption of preventive and predictive maintenance.

Keywords: Automotive brakes; Overheating; Maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Os automóveis são dotados de muitos elementos de segurança, e um destes elementos é o Sistema de freios mecânicos, que são considerados componentes essenciais para a segurança do veículo, bem como do motorista e seus passageiros, principalmente por ser um componente de controle do automóvel.

Os freios mecânicos podem apresentar inúmeros problemas, dentre estes o superaquecimento do disco de freio, e sendo assim é de suma importância que os motoristas estejam atentos ao aparecimento de problemas decorrentes do aquecimento nesse sistema, bem como suas causas.

Diante de tais aspectos, torna-se relevante identificar os causadores de problemas ocasionados pelo superaquecimento, e outros problemas inerentes a esse sistema, podendo-se assim evitar prejuízos materiais inesperados e possíveis acidentes que podem ocorrer pelo superaquecimento dos freios e falta de correção do problema. Vale frisar, que a realização da manutenção é uma das maiores garantias para evitar o problema em questão.

Nesse contexto, a pesquisa teve o seguinte problematização: Como assegurar que as trocas térmicas para que sejam eficazes e adequadas para o sistema de freio automotivo?

Os discos de freios convertem a energia cinética que advém do freio em energia térmica, reduzindo harmonicamente a diminuição da inércia do veículo, e que provoca o alcance da temperatura nos seus componentes. As dimensões, o peso, os materiais e a engenharia costumam limitar as configurações e a energia dada pelo disco de freio, transferindo assim, o calor consegue transferir calor para o meio.

Devido ao crescimento da quantidade de automóveis, os congestionamentos, o excesso de paradas em curto espaço de tempo, bem como a diminuição da velocidade, ocorre dificuldades em refrigerar adequadamente o sistema, automóveis que apresentam maior eficiência e que por sua vez são ecologicamente adequados, é de imprescindível necessidade que apresentem uma eficácia térmica coerente nos freios.

Neste sentido, é de primordial importância uma análise e criação do freio automotivo, levando em conta as peculiaridades da sua estrutura dinâmica e térmica. Objetivando a redução dos intervalos de paradas, e conseqüentemente a melhora da sua performance.

O objetivo geral da pesquisa foi compreender os benefícios ao se controlar as temperaturas no sistema de freio automotivo. Para melhor delineamento da pesquisa, os objetivos específicos foram: Conhecer o funcionamento do freio automotivo; descrever os fatores que podem influenciar no aumento da temperatura e controle e apontar a contribuição da manutenção preditiva para prevenir problemas em freios automotivos e demais problemas do veículo automotivo.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada na presente pesquisa foi a revisão bibliográfica, com busca realizada através do Google Acadêmico, Scielo e repositórios de Engenharia Mecânica. Para busca dos artigos, fez-se uso das seguintes palavras-chaves: freios mecânicos, superaquecimento, automóveis. Foram selecionados artigos dos últimos cinco anos que contri-

buíram para os resultados e discussão do presente estudo.

2.2 Resultados e Discussão

Os automóveis são compostos por inúmeros sistemas, e um desses é o sistema de freio veicular, considerado um dos mais importantes para qualquer tipo de veículo. Nos tópicos que seguem serão descritas algumas considerações acerca dos freios automotivos, fatores que contribuem para o aumento da temperatura e controle de temperatura do freio.

Os freios veiculares são elementos essenciais para os automóveis, pois permitem que os veículos percorram com maior segurança nas vias públicas. Esses elementos são obrigatórios para qualquer automóvel, e funcionam conforme padrões dos órgãos que regulamentam o trânsito dos veículos (KAWAGUCHI, 2015).

O presente dispositivo dissipa energia gerando calor ao funcionar. Sendo assim, os freios devem ser construídos e preparados para absorção de calor para realizar seu trabalho sem prejudicar os componentes que o rodeia. É uma habilidade de transmitir torque que é limitada ao mesmo (NORTON, 2014).

Para Bosch (2015), os freios reúnem componentes mecânicos que compõem carros, motos, trens, aviões e que tem como objetivo a redução da velocidade ou parada. Consiste na reunião de peças que controlam a inércia produzida pelo automóvel. Para tanto, os freios devem ter três requisitos básicos: atraso com segurança e equilíbrio, manutenção da velocidade uniformizada e preservação da inclinação do automóvel parado.

Os freios possibilitam que os motoristas controlem de forma segura a desaceleração do automóvel, de forma a obedecer a todas as normas de segurança determinadas pelos órgãos que regulamentam os trânsitos e veículos de uma determinada região (FERNANDES, 2014).

Para que o sistema de freio possa funcionar, o mesmo converte a energia cinética em térmica e possui limites que levam a possíveis ocorrências. Ao ter aquecimento da temperatura do sistema de freio veicular. O sistema de freio é capaz de produzir calor da mesma forma que produzem a parada do veículo, bem como em conjunto, visto que as ondas de calor reduzem os coeficientes de atritos, diminuindo as frenagens veiculares (IOMBRILLER, 2012).

Para Fernandes (2014, p.34) o funcionamento do sistema de freio dos veículos de passageiros carece de:

Uma pressão hidráulica alta, que seja superior a que é gerada no pedal. Assim, a pressão adicional é alcançada por meio do servo freio, que tem a finalidade de amplificar a força do pedal por meio de uma pressão diferenciada que ocorre entre a pressão de vácuo de motor e a pressão atmosférica. A referida força tem a capacidade de acionar o cilindro transformando em pressão hidráulica a ser transmitida por fluidos incompressíveis para freios dianteiros e traseiros.

De acordo com Gonçalves (2014) os freios são acoplados às rodas do veículo. O atrito das pastilhas com os discos ou das lonas com o tambor, proporciona uma força perpendicular à superfície de contato, que multiplicada pelo raio dinâmico resultará num momento



de frenagem.

Para Norton (2014, p.40):

O período da frenagem é oposto ao giro da roda, provocando o retardamento ou mesmo interrompendo o movimento do veículo através do atrito dos pneus com o solo. Os sistemas de freios efetuam esse controle através da transformação da energia cinética do veículo em energia térmica, que é dissipada na forma de calor. Durante uma descida de serra, com um veículo de passageiros carregado, com uma frenagem constante é possível atingir de 600 a 800°C nos discos de freio dianteiros. Essa situação pode ser reproduzida em dinamômetro inercial utilizado para testes de caracterização dos sistemas de freio.

É importante mencionar, que é por meio dos freios, que o fluido consegue transmitir pressão para transmitir a pressão para as pastilhas e discos ou lonas e tambores. Contudo, o atrito das lonas e pastilhas nos discos e tambores gera um período chamado reverso que diz respeito aos movimentos realizados pelo veículo e que conseqüentemente se transforma a energia cinética em térmica, acústica e vibratória ao movimento do veículo. (NORTON, 2014).

Basicamente a força no pedal é a entrada do sistema que resulta em uma distância de parada com vários fatores indesejados como ruído, corpos, o peso que o veículo possui, uso dos automóveis com velocidade que não são compatíveis, ausência da ventilação, os desgastes de seus componentes, frenagens inadequadas, fatores que se não solucionados podem levar a sérios problemas no veículo (GONÇALVES, 2014).

O superaquecimento dos freios deve ser visto com seriedade, pois se não houver controle dos mesmos podem ocorrer falhas que levam possivelmente a ocorrência de acidentes, e conseqüentemente batidas fortes que podem ocasionar até parada dos motores (COSTA, 2015).

Para que o problema seja solucionado, deve-se realizar uma avaliação detalhada da parte térmica e mecânica do veículo, a fim de se identificar a origem do problema. É válido, que a temperatura do sistema de freio seja sempre controlada, visto que as altas temperaturas levam as perdas parciais das funções dos freios, bem como desgastes das peças e controles dos automóveis (GILLESPIE, 2014).

Para os fabricantes dos automóveis o aumento da temperatura do sistema de freios e conseqüentemente seu controle são grandes problemas a serem solucionados. Visto que as altas temperaturas prejudicam o desempenho dos veículos, sendo, portanto, de extrema necessidade que essas temperaturas sejam controladas (GONÇALVES, 2014).

Por ser variante, as temperaturas são oriundas de outros fatores, dentre estes os que envolvem a geometria de construção dos discos, fluxos de direção do ar, o modo como os veículos são conduzidos, o desempenho para resfriamento dos componentes do sistema de freios (LIMPER, 2013).

Alguns métodos podem ser empregados para que a temperatura possa ser controlada, e que por sua vez são desafiadoras para a engenharia mecânica, havendo, portanto, a necessidade efetiva da temperatura que é relevante para que o sistema de freios funcione adequadamente bem como para o desempenho da frenagem. Dessa forma, torna-se perceptível que as temperaturas podem ser controladas de diversas formas, em especial se for evitada a ventilação forçada, a geometria do disco, redução as áreas em atrito, se evitados tais aspectos, há um controle dos freios (BREZOLIN, 2014).

No que se refere ao superaquecimento dos freios, existem aspectos que colaboram para que os mesmos apresentem superaquecimento. No entanto, para que tal problema tenha solução, é indicado realizar uma avaliação criteriosa dos aspectos térmicos e mecânicos, para que sejam identificadas as reais causas do problema (BOSCH, 2015).

É válido mencionar, que aspectos inerentes a temperatura dos sistemas de freio devem ser sempre controlados, tendo em vista que as temperaturas altas podem resultar em perdas parciais das funções inerentes aos freios automotivos, assim como o desgaste das peças e controle dos automóveis. (GILLESPIE, 2014).

Nesse sentido, uma série de fatores podem contribuir para o superaquecimento dos freios, estes podem ser divididos em grupos importantes que são os operacionais e o de manutenção. No que diz respeito aos operacionais estes envolvem o trânsito urbano das cidades grandes, que exigem que o motorista faça uso contínuo dos freios e que na maioria das vezes podem se associar a forma de condução do veículo de modo mais agressivo e conseqüentemente ocorre a virtude do estresse (BENZOLIN 2014).

Outro fator importante se refere às regiões montanhosas que exigem uma maior intensidade ao utilizar os freios, em especial quando as normas de condição não são respeitadas, dentre as quais deve-se empregar corretamente os freios do motor, descer marcha corretamente, dentre outros aspectos (FERREIRA, 2015).

Fator inerente ao transporte com carga excessiva, também pode aumentar de forma considerável a energia cinética dos veículos, resultando em uma dissipação atenuada de calor nos freios no decorrer da frenagem, provocando um desgaste ainda maior no mesmo. Dirigir sob velocidade excessiva, bem como incompatível com as vias de tráfego ou estradas também podem colaborar como fator para o superaquecimento dos freios, resultando também na dissipação de calor nos mesmos, conseqüentemente a energia cinética por ser proporcional ao quadrado da velocidade, ela poderá aumentar duas vezes mais (BOSCH, 2015).

Em situações onde conjuntos são atrelados a cavalo mecânico, mais semirreboque ou Julieta e a utilização do implemento de freio é utilizado incorretamente, por meio do manete ou manequim, pode ocorrer uma força a mais no sistema de freios, aspecto que leva a uma concentração do excesso de calor em freios gerando em conseqüências danosas (COSTA, 2014).

De acordo com Bosch (2015, p.12):

Uma outra situação se refere aos desprezos inerentes aos freios do motor nos declives e paradas do veículo que quando realizados de modo mais intenso ao freio de serviço pode gerar um excesso de calor, que normalmente poderia ser evitado e não causar danos. Além de que, o desprezo às manutenções da distância mínima que são recomendadas para os veículos que se encontram na parte da frente também podem contribuir como fator, pois variáveis que existem em função da velocidade podem induzir ao uso frequente dos freios de serviço.

Já no que diz respeito aos fatores de manutenção se os veículos apresentarem peças que se encontram danificadas ou em desregulagem, seja na suspensão, bem como freios, provavelmente os riscos para acidentes serão multiplicados. Portanto, é importante ficar atento sempre aos sinais apresentados pelo veículo. A realização correta da manutenção dos freios automotivos é de essencial importância para a segurança e vida útil dos componentes e dos pneus, tendo em vista que ambos se relacionam (FERREIRA, 2015).

Realizar uma manutenção adequada no sistema de freios é de fundamental importância, assim como aplicar peças originais dos próprios fabricantes quando for necessário também pode ser considerado relevante, tendo em vista que muitas peças falsificadas que são semelhantes também podem causar prejuízos para o desempenho do veículo (BOSCH, 2015)

Além disso, a predominância nos cavalos mecânicos, onde existe válvula que possibilita em faixas usuais de atenção do freio de serviço, sendo, portanto, um diferencial de pressão nos círculos do freio dos cavalos mecânicos e semirreboque, permitindo que alcance pressões ligeiramente superiores à do cavalo mecânico (ALMEIDA, 2015).

Esse tipo de diferença geralmente já vem regulado das fábricas e se encontram entre 0,15 e 0,6 bar, mas vão depender de cada fabricante. Muitas das válvulas possibilitam também regulagens, mas outras não. No entanto, as que permitem, somente devem ter sua regulagem nas autorizadas, pois carecem de equipamentos especiais (BOSCH, 2015).

Conforme Benzolin (2014, p.16):

Na prática, é muito comum observar grande parte é regulada, mas de forma inadvertida para ordem de 1 a 1,5 bar, significando que em freadas normais que são entre 1,0 e 3,0 bar de pressão, medida na saída do pedal de freio, o circuito do semirreboque poderá apresentar 1,0 e 1,5 bar a mais de pressão e, conseqüentemente os freios vão requerer mais solicitação e aquecimento.

Dessa forma, ainda no que diz respeito às manutenções, devem ser observadas as lonas de freio que devem passar por regulagem de forma que estas não possam roçar entre os tambores de freio, principalmente quando os veículos estiverem rodando livremente. Aspecto que se dá devido às possíveis ovalizações dos tambores, e que decorrem de desgastes e esforços os quais os freios são submetidos. As referidas regulagens somente devem ser realizadas com eixo erguido, pois a visualização é melhor e com ele no solo não é possível observar se existem pontos de contato no decorrer da rodagem (FERREIRA, 2015).

Com relação às unidades combinadas (CM+SR), no decorrer da regulagem as lonas do SR também devem-se fazer a regulagem das lonas do CM. *É comum* que as pessoas deixem as lonas de freio do cavalo mecânico mais afastadas que as semirreboque, com o intuito de proporcionar a redução do freio do cavalo mecânico. Prática esta, considerada prejudicial à segurança do conjunto, resultando em problemas (ALMEIDA, 2015).

Deve ser averiguada a válvula de alívio ou descarga rápida, quando o pedal do freio for liberado posteriormente a uma frenagem, pois sabe-se que as referidas válvulas têm a finalidade de provocar descarrego rápido do ar nas câmaras de freio. Contrariamente, podem ocorrer implicações na aplicação dos freios por período superior ao esperado, resultando no calor e desgaste em vão. No entanto, para que as válvulas funcionem adequadamente, esse aspecto deve ser avaliado periodicamente sempre nas situações de superaquecimento para prevenir possíveis gastos que possam aparecer (FERNANDES, 2014).

De acordo com Gillespie (2014) outra averiguação é nas molas de retorno das sapatas que apresentam cansaço quando tem sua exposição ao calor excessivo. Estas perdem tensão e acabam possibilitando contato frequente das lonas com o tambor de freio, resultando em aquecimentos e desgastes, assim como o travamento automático do freio por ação contráctil.

Já a predominância também deve ser observada, pois não se deve alterar a regulagem original da válvula. E nos retardadores é recomendado que estes sejam utilizados na velocidade hidráulica ou eletromagnética para reduzir a necessidade do uso dos freios de

serviço, proporcionando redução dos custos de manutenção e aumento considerável da segurança (FERNANDES, 2014).

Os referidos equipamentos, ao serem empregados de forma correta podem desacelerar o veículo e atuar diretamente em seu conjunto de transmissão, podendo dispensar o uso do freio de serviço na maior parte do percurso, e reduzir consideravelmente o calor gerado nos tambores de freio. Assim, quando os referidos equipamentos são empregados, estes podem proporcionar vida mais longa para as lonas e tambores de freio, para pneus, maior segurança no transporte e custos menores com manutenção (FERNANDES, 2014).

Sendo assim, é de suma importância que sejam realizadas manutenções em tempo hábil, visto que estas podem contribuir para reduzir gastos desnecessários.

Os freios precisam de manutenção periódica, pois está se encontra intimamente relacionada com a segurança de quem dirige por determinada cidade, bairro, influencia diretamente na economia do proprietário do veículo, seja ela realizada ou não (BATISTA, 2013).

Sabe-se que, por ser um bem móvel e que dura conforme os cuidados, os veículos devem estar em constante manutenção, sejam elas preventivas, preditivas ou corretivas, são consideradas essenciais para que esses transportes possam levar passageiros em segurança sem causar danos à população que o utiliza (BERNARDES, 2016).

Nesse ponto de vista a manutenção preditiva, tem muito a contribuir para a vida útil dos automóveis. A referida manutenção não é um conceito recente, mas é uma forma de prevenir antecipadamente os custos de uma parada inesperada de uma máquina. Acerca deste tipo de manutenção, inúmeras são as técnicas que podem ser utilizadas para detectar falhas e outros problemas que podem causar a parada de um equipamento (FERREIRA, 2015).

Com a manutenção preditiva é possível consertar qualquer tipo de máquina, bem antes de sua quebra, minimizando todos os custos inesperados com a quebra inesperada, assim como ocorre uma redução drástica de uma possível inatividade desta. Sabe-se que, a inatividade de um equipamento pode gerar prejuízos altíssimos para as grandes corporações, e sendo assim, é melhor prevenir através desse tipo de manutenção do que ter um gasto significativo (BERNARDES, 2016).

Para Costa (2014, p.33):

Para que as manutenções preditivas funcionem é necessário que estas realizem um planejamento acerca das estratégias da manutenção a ser realizada, isto para não investir em manutenções que possam gerar perda de receitas, e da mesma forma resultar no desperdício de investir em manutenções em que os custos podem ser equiparados aos inesperados.

Dessa forma, Correa (2014) refere que pode ser realizado um plano de manutenção para o carro, que tem o objetivo de realizar revisões periódicas evitando que ocorram falhas. Sendo assim, com um bom plano de manutenção é possível manter o carro em pleno funcionamento.

Conforme Santos (2014) para que um plano seja eficaz é necessário que ocorra um bom planejamento, devendo este, ser documentado e colocado em prática visando a possibilidade de não ocorrer defeitos que possam provocar prejuízos a curto e longo prazo. É necessária uma definição para um plano de manutenção preventiva para que seja adotado conforme o que foi estabelecido, evitando que possam ocorrer adversidades que possam comprometer o adequado funcionamento do equipamento.



Primeiramente deve ser definido o orçamento, pois este objetiva reduzir custos, pois trata-se de um procedimento que auxilia na prevenção de desgastes de peças, bem como evita falhas nos sistemas, evitando-se conseqüentemente maiores gastos com consertos. Dessa forma, deve ser separada uma quantia mensal para oficinas de confiança realizarem um bom trabalho com eficiência.

Além disso, outro aspecto importante no plano de manutenção é que seja escolhido o período correto, pois podem ser evitados danos que podem levar o veículo a ociosidade por período longo de tempo. Daí a importância de se realizar procedimentos planejados de forma que não sejam longos, pois trata-se de uma medida que reduz significativamente o número de interrupções, pois até os períodos de inatividades de um veículo podem ser prejudiciais (BATISTA, 2013).

A realização do checklist é um outro aspecto que deve estar no planejamento, pois ao se criar lista com os itens a serem checados possibilita a verificação das peças que devem ser trocadas, além de sempre estar atento as datas em que as trocas foram realizadas, aspectos que devem ser realizados periodicamente (CORREA, 2014).

Para Santos (2014, p.34):

Um dos aspectos importantes do planejamento é a análise do óleo, pois este é essencial para que o veículo funcione adequadamente, já que sua função é a lubrificação do motor, além de evitar que ocorram atritos entre as peças do motor e o desgaste das mesmas. Sabe-se que, a falta de lubrificação pode resultar no travamento do motor, assim deve-se atentar para os períodos corretos de troca de óleo, além de verificar a viscosidade do óleo, se existem vazamentos, se a luz do óleo no painel se encontra acesa, se existe vedação, todos estes aspectos devem ser levados em conta para preservação e vida útil do veículo

A manutenção preditiva por seus inúmeros benefícios, consegue manter uma linha segura para combater possíveis imprevistos. As vantagens oferecidas por esse tipo de manutenção englobam a redução dos gastos com trocas de peças por problemas inesperados, bem como com mão de obra, evita prejuízo com a parada do meio de transporte que interfere principalmente na produção, promove uma economia significativa com reparos onerosos, dentre outras vantagens (XAVIER, 2014).

Além disso, é importante destacar que um dos maiores benefícios da manutenção preditiva é que esta é um dos principais indicadores para corroborar com o retorno de investimentos em máquinas industriais, tendo em vista que esse tipo de equipamento tem custos bastante onerosos para a economia de uma empresa. Sendo assim, quando se determinar rotinas regulares para realização de manutenções, também é uma forma de prevenir a ocorrência de gastos inesperados (VIANA, 2015).

De acordo com Bernardes (2016, p.45):

Os benefícios da manutenção preditiva refletem principalmente na longevidade dos veículos dando margens para que estas sejam proativas e não reativas. Uma outra vantagem é que esta passa uma segurança norteada de confiabilidade, visto que ao se investir em manutenção preditiva, se investe também na segurança não somente dos maquinários, mas também dos colaboradores que operam tais máquinas. A maior vantagem é que com esta se consegue reduzir drasticamente acidentes que podem deixar os trabalhadores inválidos e até mesmo levá-los a óbito por conta de acidentes que podem ser evitados.

Vale mencionar, que estas também aumentam a produtividade do automóvel, pois a realização da manutenção quando realizada a longo prazo, torna-se um compromisso que resulta em recompensas grandiosas. Contudo, está ainda é capaz de oferecer tranquilidade para os gestores que precisam criar cotidianamente estratégias de manutenção (XAVIER, 2014).

De acordo com Almeida (2014) quando os aparelhos utilizados nas técnicas de manutenção preditiva virem a apresentar problemas, de falta de calibração de peças específicas ou outra irregularidade, estes podem interferir consideravelmente nos resultados da detecção de possíveis falhas detectadas. Assim, os mesmos podem identificar algo que nem existe nos automóveis e que por sua vez, pode refletir na troca de peças desnecessárias em uma manutenção preditiva.

É importante frisar, que este tipo de ocorrência é bem comum e muito difícil de ser controlada, pois requer muita atenção dos colaboradores que executam esse tipo de manutenção. No entanto, também é um aspecto que pode ser controlado com um planejamento bem elaborado, e que possa evitar riscos reduzidos para as organizações (LEITÃO, 2014).

Um outro aspecto importante, é em relação as desvantagens pela não realização da manutenção preditiva. Ao se referir sobre este aspecto, salienta-se que as principais desvantagens, é que estas impactam consideravelmente na economia da empresa, gerando gastos onerosos que poderiam ser evitados com a simples realização desta manutenção (FERREIRA, 2015).

A não realização desta, influência também na produção da empresa, pois pode gerar atrasos na entrega de produtos produzidos nos diversos segmentos, que conseqüentemente podem levar a redução drástica do lucro e sendo assim, impactar até mesmo em casos mais sérios, na dispensa de colaboradores para suprir os prejuízos ocasionados.

Conforme refere Malpica (2014) as vantagens e desvantagens da realização e não realização da manutenção preditiva são bem parecidas, visto que sua realização oferece vantagens e a não realização desta, gera a perda destas vantagens e dos inúmeros benefícios oferecidos por esta.

Nos estudos realizados por Almeida (2014) os resultados mostram que os benefícios de se realizar planejadamente uma manutenção preditiva oferece mais vantagens do que desvantagens, é uma das mais econômicas manutenções que existe no mercado atual, pois ela quando planejada e realizada em tempo hábil e pré-determinado não abre possibilidades para as máquinas apresentarem quaisquer riscos de defeitos, justamente por esta prever antecipadamente os possíveis problemas que possam vir a ser apresentados.

No estudo realizado por Costa (2014) o autor destaca que não somente esse tipo de manutenção é importante por suas inúmeras vantagens, como também as outras manutenções, tais como as corretivas e preventivas. Cada tipo de manutenção apresenta uma função diferente e adequada para cada necessidade apresentada pelas máquinas industriais, ou qualquer outro tipo equipamento que necessite periodicamente de manutenções para seu funcionamento adequado.

No que se refere aos resultados do estudo de Petrilli (2015) manutenção preditiva conta com poucas desvantagens para as empresas e indústrias, reforçando que a contratação de profissionais especializados que venham do aparato tecnológico utilizado nas técnicas de manutenção preditiva periódica, assim como algumas empresas sugerem como desvantagens o custo dos aparelhos tecnológicos que possui valor muito alto para ser adquiridos. No entanto, por se tratar de tecnologias com valor exacerbado, cabe as companhias decidir e colocar na balança se vale a pena investir nesse tipo de tecnologia de manutenção.



Já os resultados do estudo de Viana (2015) o mesmo mostra nos resultados que realizar as manutenções nos freios, sejam elas de qualquer tipo é oferecer uma sobrevida a estes, mesmo que seus custos sejam altos, mas geralmente os gastos serão bem menores do que uma máquina parar e resultar em danos na economia e produção de uma organização.

Sabe-se que, estes aspectos sempre serão relevantes para as grandes indústrias, bem como fábricas, empresas e até mesmo para pessoas físicas que pretendem manter seus automóveis por um longo tempo em pleno funcionamento (FERREIRA, 2015).

Sendo assim, prevenção, a realização de manutenções em tempo hábil e adequadamente planejadas, ainda é diante de todas as formas de prevenção a melhor forma de se preservar não somente os freios automotivos, bem como demais aspectos do automóvel, dentre outros que necessitam destas para manter sua longevidade, redução de gastos desnecessários, aumento da produção e principalmente lucratividade para seus negócios.

3. CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, conclui-se que inúmeros fatores podem contribuir para o aumento da temperatura dos freios, e dentre estes destacam-se o atrito que tem a ação de força de contato entre dois corpos, o peso que o veículo possui, uso dos automóveis com velocidade que não são compatíveis, ausência da ventilação, os desgastes de seus componentes, frenagens inadequadas, fatores que se não solucionados podem levar a sérios problemas no veículo.

Além disso, o superaquecimento dos freios deve ser visto com seriedade, pois se não houver controle dos mesmos podem ocorrer falhas que levam possivelmente a ocorrência de acidentes, e conseqüentemente batidas fortes que podem ocasionar até parada dos motores. Por esse motivo que existem as possíveis soluções para que o usuário possa conservar o seu veículo por um bom período de tempo se tiver o devido cuidado que se faz necessário.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2014. Acesso em 28 de setembro de 2020 às 13:30.
- BATISTA, J.J. **Manutenção preditiva e sua importância para funcionamento dos motores**. Santa Catarina. UFSC, 2013.
- BERNARDES, C.A. **Importância da manutenção preditiva e preventiva em motores de combustão interna**. Maranhão. IFMA, 2016.
- BOSCH. **Manual de Tecnologia Automotiva**. Tradução da 4ª Edição Americana, Ed. Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2015.
- BREZOLIN, A. **Estudo de Geração de Trincas Térmicas em Discos de Freios de Veículos Comerciais**. 2014. 105p. Dissertação (Mestrado em Materiais) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do sul, disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/207/Dissertacao%20Andre%20Brezolin.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 05 out 2017.
- CORREA, A.N. **Manutenção de motores e lubrificantes**. Campinas. Anhanguera, 2014.
- COSTA, A.P.G. **Técnicas de manutenção preditiva para motores de ônibus**. Fortaleza. UNIFOR, 2014.
- COSTA, P. G. **Bíblia do Carro**. 2 ed. São Paulo, São Paulo, 2015.
- FERNANDES, D. L. G. **Estudo da frenagem de autoveículos rodoviários articulados pesados**. São Carlos, São Paulo, 2014.

FERNANDES, F. R., **Ensaio com Amostras de Óleos Lubrificantes, como Ferramenta Auxiliar no Desenvolvimento de Novos Motores de Combustão Interna: Revisão Sistemática da Literatura**. Monografia — Especialização em Engenharia Automotiva. Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2012.

FERREIRA, F.T. **Análise de óleo lubrificante**. Artigo. São Paulo. Anhanguera, 2015.

GILLESPIE, T. D. **Fundamentos da dinâmica do veículo**. Warrendale - EUA: SAE International, 2014 495p.

GONÇALVES, J. **Otimização de parâmetros de materiais de atrito de sistemas de freio usando algoritmos genéticos**. 2014.197 p. Tese (Doutor em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Disponível em:< <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/87544/204948.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05/05/2019.

INFANTINI, M. B. **Variáveis de desempenho dos sistemas de freio**. 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em:< <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13947/000657467.pdf;sequence=1>>. Acesso em: 05/05/2019.

LEITÃO, J.G. **Importância da Manutenção Preditiva em Máquinas Industriais**. Artigo. IFMA. São Luís, 2014.

MALPICA, L.G.T. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. **Manutenção preditiva de motores de ônibus**. 2014

MORO, N. A. P. **Introdução à Gestão da Manutenção**. Apostila. Florianópolis: Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. Santa Catarina, 2016. Disponível em: www.passeidireto.com/arquivo/4025955/manutencao. Acesso em: 26 de setembro de 2020 às 15:40.

MUNIZ, M.S. **Manutenção Preditiva: máquinas de pequeno e grande porte**. Artigo. Maranhão. IFMA, 2014.

OLIVEIRA, I.C. **Manutenções preditivas em meios de transporte**. Revista de Mecânica do Instituto Federal do Rio de Janeiro. Vol12, n3, pág 34-40. Rio de Janeiro, 2015.

PETRILLI, E. L. **Manutenção Preditiva em automóveis de grande porte**. Apostila. Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Tatuí, 2015.

SANTOS, A.J. **Manutenção preditiva em equipamentos**. Artigo. Maranhão. IFMA, 2014.

SANTOS, M.L. **Avaliação da longevidade de máquinas de uma indústria de cimento submetidas a manutenção preditiva**. IFMA. Santa Inês, 2014.

XAVIER, P.S. **A necessidade da manutenção preditiva para vida útil do equipamento: conceitos e aspectos**. Santa Catarina. UFSC, 2014.

34

USINAGEM NÃO CONVENCIONAL: USINAGEM A LASER COMO ALTERNATIVA AOS PROCESSOS CONVENCIONAIS

*UNCONVENTIONAL MACHINING: LASER MACHINING AS
AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL PROCESSES*

Lucas Breno Gomes Andrade

Caio Henrique Almeida de Ataíde

Camila Eduarda Silva Carvalho

Danilo Oliveira Cortes

Joaquim Cantanhede de Castro

José Vitor Mendes França

Leandro Ribeiro da Conceição

Pablo Vinicius Costa Silva

Vanderson Gusmão de Oliveira

Resumo

O laser foi uma grande conquista da ciência moderna por ter inúmeras aplicações em áreas distintas da vida humana. A usinagem também buscou utilidade para o laser, usando em trabalhos que demandam grande precisão geométrica e bom acabamento superficial. Por meio de uma revisão feita em artigos, livros e revistas a história e funcionamento do laser foram abordadas a fim de entender como seu uso e de que maneira ele pode contribuir para usinagem. Foi visto que o laser atende a necessidade da indústria por precisão e bom acabamento nos materiais mais diversos, porém seu custo muitas vezes torna o processo inviável, sendo justificado seu uso para materiais que sejam de difícil usinagem ou processos muito precisos, como na microusinagem, nesses casos o laser se mostrou uma alternativa eficaz e muito bem-vinda. Contudo o laser também é capaz de realizar processos como, furação, corte, gravação, desbaste e marcação. Assim é possível utilizar o laser como uma alternativa aos métodos convencionais.

Palavras-chave: Usinagem. Usinagem não convencional. Laser. Aplicação do laser na indústria.

Abstract

The laser was a great achievement of modern science for having numerous applications in different areas of human life. Machining also sought utility for the laser, using it in jobs that require great precision and good surface finish. Through a review in articles, books and magazines, the history and operation of the laser were approached in order to understand how its use and in what way it can contribute to machining. It was seen that the laser meets an industry need for precision and good finishing in the most diverse materials, but its cost often makes the process unfeasible, justifying its use for materials that are difficult to machine or very precise processes, such as micromachining, in these cases the laser proved to be an effective and very welcome alternative. However, the laser is also capable of performing processes such as drilling, cutting, engraving, roughing and marking. Thus, it is possible to use the laser as an alternative to conventional methods.

Key-words: Machining. Unconventional machining. Laser. Laser application in industry.

1. INTRODUÇÃO

Os processos de fabricação evoluíram de forma significativa com o passar dos anos, surgindo novas técnicas que tornaram os processos mais rápidos e eficazes. A usinagem não ficou de fora dessa evolução, hoje se pode contar com uma grande quantidade de tipos de usinagem que buscam suprir as necessidades da indústria moderna.

A usinagem é um processo tradicional dentro da indústria que conta com diversas ferramentas e operações para conferir forma a peças. Uma de suas principais características é a retirada de parte do material de base, esse material retirado é chamado de cavaco.

Por mais que contenha uma grande gama de processos para atender as mais diversas exigências do mercado, a usinagem tradicional tem suas limitações, principalmente quando se falado de um mercado que cresce cada vez mais com sede de inovação e busca mais confiabilidade e velocidade em seus processos. Mas, a usinagem não conta apenas operações tradicionais, existem hoje diversos métodos não tradicionais que também dão forma a uma peça retirando material dela.

Um desses processos não tradicionais é a usinagem a Laser. Essa tecnologia vem sendo empregada em muitos campos da ciência, indústria, medicina e até mesmo no nosso lazer. É fácil ver essa maravilha da física moderna no dia a dia, isso porque sua versatilidade e precisão são desejadas e sonhadas por esses campos de conhecimentos e afins.

Para tornar essa tecnologia útil e eficaz, é preciso conhecer como ela surgiu, quais eram os aspectos que deram início as transformações que por fim fez surgir o laser. Fazendo isso o próximo passo é entender seu funcionamento e como ele pode operar, quais as condições de ambiente que são necessárias para sua plena operação e assim saber quais os processos se adequam a essas condições e capacidades do laser, o que leva ao problema trabalhado: “Como a usinagem a laser pode contribuir para o futuro da usinagem?”.

Então é importante saber como ele funciona e como ele pode ser usado em alternativa aos processos já existentes. Vale ressaltar que não é só porque um processo é rápido e versátil que vale apenas usá-lo. Alguns parâmetros devem ser levados em consideração, como: segurança, disponibilidade, modo de operação e custo. Pois nada adianta ter um processo inovador que não traz benefícios frente ao que já existe.

Por isso é importante o processo de pesquisa e averiguação para obter as informações relevantes para cada área. Nesse contexto a revisão bibliográfica se faz grande aliada, pois investiga quais os trabalhos que já existem e discute sobre a temática da usinagem não convencional tem o ponto de vista e o trabalho de vários autores.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia presente nesse texto é uma revisão literária qualitativa e descritiva, com a finalidade de apresentar um dos métodos não tradicionais de usinagem, o laser. Assim foram utilizados livros, artigos, publicações acadêmicas, e periódicos publicados em revistas disponíveis no acervo da faculdade, e do resultado de pesquisa no Google acadêmico e sites como: Repositório e Scielo. Buscou-se, principalmente por materiais publicados nos últimos 30 anos, com temas relacionados a usinagem e engenharia, sendo as palavras chave: usinagem não convencional, laser, origem do laser, aplicações do laser na

indústria e usinagem a laser.

2.2 Resultados e Discussão

A usinagem é o processo que confere à peça formas, acabamento ou dimensões, ou ainda a junção dos 3, por meio da retirada de cavaco. E cavaco é toda porção de material retirada da peça sem forma definida (FERRARESI, pag. 25). Essa é a definição base da usinagem que contempla todos os processos convencionais. Porém quando se trata de usinagem não convencional essa definição fica defasada.

Uma definição trazida por João Medeiros (1981, pag. 10) deixa mais claro o que é usinagem moderna contemplado também os processos não convencionais. Para Medeiros usinagem é “um processo de fabricação que concede à peça formas, acabamento ou dimensões, podendo ser ainda uma combinação dos 3, removendo material sob a forma de cavacos ou partículas, referente ao tipo de energia utilizada na remoção”. O laser utiliza energia eletrotérmica para vaporizar o material a ser usinado. Vamos ver agora como essa tecnologia surgiu.

2.2.1 História do Laser

Segundo Bagnato (2008, pag. 9), o Laser é responsável por grande parte do desenvolvimento científico, industrial e até mesmo medicinal, que se tem hoje em dia. Isso se dá pela versatilidade dessa ferramenta e pela precisão geométrica que ela tem, e dá para ver sua aplicação no dia a dia, como: na fibra óptica, leitores de códigos de barras, aparelhos de medição, termômetros etc.

A história dessa maravilha da ciência moderna começa, assim como muitas outras inovações, nos períodos da segunda guerra mundial e guerra fria, onde houve uma crescente procura por avanços que pudessem ajudar nos conflitos armados e na ânsia pela dominação do cenário mundial. Durante esse período, devido aos conflitos, a comunicação entre os cientistas ficou mais difícil, mas houve um cientista que gozou do privilégio da colaboração mesmo nesses tempos difíceis. O dinamarquês Niels Bohr e outros cientistas que não se envolveram na guerra conseguiram se reunir para assim dar vida teoria quântica, que foi de grande importância para o desenvolvimento do Laser. (REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 2017, vol. 39)

Estimulados pela disputa gerada pelo período pós-guerra e advento da guerra fria muitos cientistas se empenharam no estudo da luz e seu comportamento, assim como o estudo das ondas de rádio. Esses estudos receberam grande apoio de instituições militares e governamentais que visavam usar esses avanços em conflitos futuros. Dessa forma, foram feitas altas contribuições financeiras que possibilitaram a criação de um mecanismo que era capaz de usar gerar um feixe de luz amplificado utilizando a emissão estimulada de radiação. (REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 2017, vol. 39)

Pode se dizer que o Laser foi fruto da competição entre os cientistas que viveram durante a guerra fria, assim esse achado da não pode ser atribuído a um único homem, mas ao empenho de muitos que, de forma separada conseguiram encontrar formas diferentes de chegar ao mesmo objetivo.



2.2.2 Como funciona

O laser é uma sigla para *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que em bom português é: Amplificação de Luz por Emissão Estimulada de Radiação. Bem, para compreender melhor é necessário buscar alguns conceitos de física quântica. Segundo essa teoria os átomos têm camadas bem definidas de energia, assim, um elétron por exemplo, possui uma orbita própria com seu nível de energia definido (REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, 2017, vol. 39). Mas esse elétron pode mudar de uma orbita para outra, e para isso ele irá absorver ou emitir radiação. Essa emissão pode ser espontânea, que ocorre devido ao estado de maior energia ou excitação, quando o elétron absorve energia, ser mais instável, assim o elétron irradia energia naturalmente para voltar ao equilíbrio ou nível de menor energia. O que ocorre é que essa irradiação espontânea pode ser demorada, assim essa emissão pode ser estimulada ou forçada a fazer isso. E é assim que o laser opera.

Uma coisa que diferencia a luz normal do laser é a coerência. A luz comum é formada por vários comprimentos de onda que iram formar cores diferentes, já o laser é monocromático, ou seja, ele só terá um comprimento de onda, gerando átomos mais “organizados”, que seguem um mesmo caminho, operando em uma só frequência. (PORTO, pag. 67 e 68)

Tratado da parte da emissão, agora temos a amplificação. É bem simples, a fonte emissora é exposta ao estimulador que fica em uma cavidade ótica que contém espelho, sendo estes responsáveis por fazer o feixe refletir diversas vezes e assim aumentando sua intensidade até gera um feixe altamente concentrado.

2.2.3 Usinagem a Laser

A usinagem é um método de fabricação muito abrangente e por isso muito importante para indústria, pois, dispõe de diferentes ferramentas para dar a uma peça forma e acabamento. E seguindo os padrões e exigências da indústria veio se modernizando trazendo novos processos, tecnologias como o CNC, sem falar dos processos não convencionais que se tornaram excelentes soluções para um mercado que cresce pedido cada vez mais. Nesse cenário o laser tem um papel muito importante pois traz grandes possibilidades para inovações e acompanha as novas tendências do mercado.

Há diferentes tipos de lasers disponíveis de acordo com fonte empregada, sendo elas: por estado sólido: rubi ou vidro com neodímio; estado gasoso: CO₂, HeNe; Estado líquido: soluções aquosas com corantes e Semicondutores: compostos de Gálio. Cada tipo de laser tem aplicabilidade próprias, mas todos emitem um feixe luminoso retilíneo e concentrado.

Dentro da indústria os mais utilizados são os gasosos, dando ênfase para o de CO₂. Para usinagem é necessário que o laser seja de alta potência, pois as operações em geral envolvem corte e retirada de grande quantidade de material por meio da vaporização (PORTO, pag. 69)

O laser poder ser usado para muitos processos de usinagem. O corte é uma das principais aplicações pois pode ser usado em chapas metálicas sem que haja deformação, além de realizar cortes em 2D e 3D, em geometrias complexas sem perder a precisão. Como o laser provoca a fusão e evaporação do material é necessário a presença de um gás assistente para soprar a massa vaporizada para fora da região de corte e gerar um aera de corte limpa, lisa e precisa (SANTOS, 2020)

Um das aplicações do laser é microusinagem por requerer um alto nível de precisão. Em um estudo feito por Wagner de Rossi, intitulado Usinagem De Circuitos Microfluídicos Com Laser De Pulsos Ultracurtos, publicado no ano de 2013 no congresso brasileiro de engenharia de fabricação, foram estabelecidos parâmetros para a ablação em vidro óptico BK7 a fim de fabricar um circuito de microfluídicos completo. Para evitar os efeitos térmicos e garantir a precisão dimensional foi desenvolvido uma metodologia onde os parâmetros de processos são ajustados a cada camada de material retirado, sendo preciso calcular o volume em função do número N de pulsos necessários para alcançar a profundidade desejada. Isso foi possível graças a capacidade do laser de ajustar seus parâmetros para se adequar ao material e ao tipo de usinagem a ser feita (ROSSI, 2013)

Outras operações possíveis de realizar com laser são corte entalhes, traçagem, operações de marcações e furação. Para a última há só é possível abertura de furos de até 0,025 mm, furos acima de 0,050 mm de diâmetro o laser deve cortar o contorno do furo (GROOVER, 2014, pag. 488).

É possível encontrar algumas imperfeições no processo de furação a laser a qual dar-se o nome de conicidade, que ocorre devido à natureza explosiva do laser. Um trabalho realizado por Wagner de Rossi, intitulado Tecnologia laser aplicada em chapa de aço inoxidável, publicado no ano de 2001 no 1º congresso brasileiro de engenharia de fabricação (Cobef), mostrou que essa conicidade não pode ser eliminada, mas pode ser diminuída colocando-se uma íris para diminuir o número de modos oscilantes na cavidade ressonante. Dois métodos foram usados para realizar a furação a percussão e a trepanação. Na percussão é onde ocorre maior conicidade pois são realizados uma série de pulsos em uma mesma área até que o furo atinja a profundidade pretendida. Na trepanação o furo é feito por contorno sendo necessário que um piercing seja feito para dar início ao corte pelo método de percussão, contudo foi comprovado que não houve influência significativa no acabamento graças a íris intracavidade. Dessa forma foi possível obter um furo com boa qualidade cosmética, dimensões adequadas e boa conicidade (ROSSI, 2001)

Devido a sua alta versatilidade o laser pode facilmente dar acabamento a peças, independente do material. Dessa forma, desenhos, códigos e gravuras que irão de certa forma “decorar” a peça, são realizadas sem que seja preciso reajustar o laser, e seguindo com alta velocidade de operação. Há a possibilidade de produzir diferentes efeitos, como: alteração da cor, por meio de reações químicas entre o laser o material; pode ser feito a remoção de superfície ou revestimento retirando uma camada superior de tinta e revelando outra; carbonização que pode ser feita em madeiras ou materiais de papelão e a retirada do próprio material (SANTOS, 2020)

2.2.4 Características da usinagem a laser

Dentre as características desse método tem-se: grande precisão dimensional, cantos pouco arredondados, alta velocidade de corte e baixa perda de material, além de baixo custo unitário. Essa técnica também possui a vantagem de ser facilmente automatizada, o que entra em alinhamento com as tendências atuais do mercado, e facilita o uso. Outras vantagens são: atmosfera controlada, controle de energia e alta densidade, possibilidade de micro usinagem, flexibilidade no caminho do feixe e inexistência da influência de campo eletromagnético. Porém sua principal desvantagem é o elevado custo inicial para aquisição dos equipamentos (ALMEIDA, 2003)

Segundo o estudo elaborado por Ivan Alves, intitulado Corte de titânio por laser pulsa-



do de neodímio: YAG, publicado no ano de 2003 no XXIX Congresso Nacional de Soldagem, traz um estudo acerca da utilização do Laser para o corte no titânio, um material que vem sendo muito na indústria devido sua resistência a corrosão em temperatura ambiente e sua dureza e resistência. No estudo foram feitos cortes retangulares de 10 x 20 mm^2 ou 50 x 100 mm^2 , onde foram analisados o acabamento superficial e a dureza da zona termicamente afetada. O gás auxiliar utilizado foi nitrogênio, pois o titânio apresenta reatividade química com alguns gases. Os parâmetros do laser foram: largura temporal do pulso: 0,0 ms; taxa de repetição: 97 Hz; energia por pulso 770 mJ e potência média: 74,7 W. O corte realizado apresentou um bom acabamento superficial, com uma melhor definição no contorno e melhor acabamento devido a intensidade no laser pulsado de Nd:YAG chegar a dezenas de $MW \cdot cm^2$ (ALMEIDA, 2003)

A usinagem a laser não possui restrições quanto aos materiais a serem usinados, sendo usada principalmente para materiais cerâmicos e outros materiais que sejam sensíveis ao choque, também apresenta bons resultados em metais, incluindo os de ligas superduras e inox. (PORTO, pag. 70)

- As principais vantagens são:
- Ausência de esforço da ferramenta por não ter contato direto
- Possibilidade de ser usado em cerâmica e demais materiais frágeis
- Capaz de usinar qualquer material conhecido
- Operabilidade através de gases inertes, vácuo, sólidos transparentes, ar e líquidos
- Alta precisão e possibilidade de criar peças de pequenas dimensões
- Controle da taxa de remoção do material
- Desvantagens:
- Elevado custo de instalação inicial
- Baixa taxa de remoção do material
- O calor pode comprometer algumas propriedades da peça

3. CONCLUSÃO

As transformações tecnológicas têm mudado a indústria em muitos aspectos, e dentro do ramo da fabricação e tratamento de materiais surgiram novas técnicas e ferramentas que auxiliam a chegar em um resultado cada vez mais preciso e possam atender uma nova demanda que busca riqueza de detalhes materiais com propriedades estáveis e confiáveis.

Assim, entender como surgiram e como funcionam essas novas tecnologias é fundamental para estar em conformidade com as tendências do mercado, além de entender como elas serão inseridas no cenário atual.

O laser surgiu da necessidade de evolução, do desejo pelo novo, e conseguiu atender a muitas dessas necessidades pois abrange grandes áreas da ciência e da vida cotidiana. Dentro da indústria ainda falta muito para evoluir para atingir seu potencial máximo. Ainda existem algumas limitações para a usinagem a laser, que estão aos poucos sendo vencidas. É preciso mais pesquisas e trabalhos que se debrucem sobre o tema, pois são poucos os encontrados, principalmente trabalhos experimentais.

Contudo é seguro dizer que a usinagem a laser tem seu espaço, principalmente por conseguir chegar aonde os métodos convencionais não são capazes de garantir a eficácia necessária, ou onde demanda muito esforço ferramental. Mas os custos ainda são elevados o que pode tornar muitos processos inviáveis, tendo em vista outros métodos não convencionais que também estão em desenvolvimento.

Referências

ALMEIDA, Ivan Alves de; ROSSI, Wagner; LIMA, Milton S. F.; BERRETTA, José Roberto; MORATO, Spero Penha. **Corte de titânio por Laser pulado de neodímio: YAG**. Associação Brasileira de Soldagem, 2003. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/15415/09955.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 out. 2022.

BAGNATO, Vanderlei Salvador. **Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=979RFeCdbnsC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&authuser=0&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 10 out. 2022.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Blucher, 1970.

GROOVER, Mikell P. **Introdução aos processos de fabricação**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MEDEIROS, João Telésforo Nóbrega de. **Análise de Alguns Parâmetros Tecnológicos da Usinagem de Aço-Carbono por Eletro erosão**. 1981. 151 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1981. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-06102017-140048/publico/Dissert_Medeiros_JoaoTN.pdf. Acesso em: 4 abr. 2022.

PORTO, Arthur José Vieira. **Processos não Convencionais de Usinagem**. São Carlos, Lamafe. Disponível em: <http://repositorio.eesc.usp.br/handle/RIEESC/7466>. Acesso em: 4 abr. 2022.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA. Barra: Universidade Federal do Oeste da Bahia, 2017-. ISSN 1806-9126. DOI 10.1590/1806-9126. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/bXZ3scjTLbDmBWMWxY-JB7YB/?lang=pt#>. Acesso em 1 out. 2022.

SANTOS, Wagner de Miranda; PISCIOTTA, Alex. **Aplicação do Laser na Indústria 4.0: Processos de corte, solda, medição e rastreabilidade por meio de gravação direta de peças**. São Caetano do Sul: Revista Brasileira de Mecatrônica, 2020. Disponível em: <blob:https://revistabrmecatronica.com.br/69456892-f75b-4cc8-ba9b-a7aa6cb777fc>. Acesso em: 2 out. 2022.

ROSSI, Wagner de; BRITO, Roberto de; BERRETTA, José Roberto; ALMEIDA, Ivan Alves; VIEIRA, Nilson Dias Jr. **Tecnologia laser aplicada em chapa de aço inoxidável**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 1, 2001, Curitiba. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/6115/08910.pdf?sequence=1>. Acessado em: 2 nov. 2022.

ROSSI, Wagner de; MACHADO, Leandro Matioli; SAMAD, Ricardo Elgul; FREITAS, Anderson Zanardi de; MIRIM, Denílson de Camargo; VIEIRA, Nilson Dias Jr. **Usinagem de circuitos microfluídicos com laser de pulso ultracurtos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 7, 2013, Penedo, Itatiaia. Disponível em: http://www.swge.inf.br/PDF/COBEF2013-0067_7302.PDF. Acessado em: 3 nov. 2022.



35

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA A INDÚSTRIA

*THE IMPORTANCE OF MAINTENANCE MANAGEMENT FOR
THE INDUSTRY*

Lucas D'Lucas de Jesus Saraiva Dias

Resumo

A pesar da importância que o setor de Planejamento e Controle da Manutenção apresenta dentro do sistema de manutenção, muitas indústrias ainda não possuem estratégias que levem em consideração os princípios da manutenção. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo apresentar a importância da utilização da Gestão e do Planejamento da Manutenção para o setor industrial. Como metodologia, realizou-se uma Revisão Bibliográfica. Verificou-se que a Manutenção Industrial possui na sua história três fases muito importantes: Primeira, Segunda e Terceira Geração. Ainda, constatou-se que o Planejamento e a Gestão da Manutenção são aspectos fundamentais para o bom gerenciamento da atividade industrial, devendo ser realizados de forma adequada, garantindo a execução de todas as medidas preventivas e corretivas. Constatou-se que os métodos de manutenção são essenciais para evitar maiores perdas diante de uma parada não programada. O método mais utilizado pelas empresas brasileiras ainda é o a Manutenção Corretiva, devido ao fato de que muitas empresas ainda estão atrasadas em relação às novas tendências mundiais. Ainda, verificou-se que o FMEA corresponde à uma metodologia muito utilizada para a análise de falhas na manutenção.

Palavras-chave: Manutenção. Planejamento. Gestão da Manutenção. PCM. Controle. Custo.

Abstract

Despite the importance that the Maintenance Planning and Control sector has within the maintenance system, many industries still do not have strategies that take into account the principles of maintenance. Therefore, this research aimed to present the importance of using Maintenance Management and Planning for the industrial sector. As a methodology, a Bibliographic Review was carried out. It was found that Industrial Maintenance has three very important phases in its history: First, Second and Third Generation. Furthermore, it was found that Maintenance Planning and Management are fundamental aspects for the good management of industrial activity, and must be carried out properly, guaranteeing the execution of all preventive and corrective measures. It was found that maintenance methods are essential to avoid greater losses in the face of an unscheduled stop. The method most used by Brazilian companies is still Corrective Maintenance, due to the fact that many companies are still behind in relation to new world trends. Furthermore, it was verified that the FMEA corresponds to a methodology widely used for the analysis of failures in maintenance.

Keywords: Maintenance. Planning. Maintenance management. PCM. Control. Cost.



1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico, a globalização, a dissipação das fronteiras e a inclusão da sustentabilidade e encargo social dentro das organizações são importantes indicativos do desenvolvimento da economia do mundo. De forma simultânea, tornou-se acirrada a concorrência entre as corporações e estas se foram forçadas a aperfeiçoar a velocidade a que contestam ao comércio, inovando e efetuando avanços contínuos.

A Gestão da Manutenção é considerada ferramenta importante para as empresas competirem no mercado globalizado. A devida gestão das manutenções realizadas, seja na área gerencial, de planejamento ou na área técnica de execução de tarefas, é de fundamental importância para o desempenho dos processos industriais, evitando perdas na produção e possibilitando a eficiência e qualidade dos processos.

As atividades de manutenção possuem importante papel na cadeia produtiva, tendo como objetivo principal apoiar e sustentar o processo produtivo com serviços e informações técnicas, de forma a garantir a execução da sua atividade sem paralizações ou danos. A manutenção industrial deve ser gerenciada por meio de um sistema administrativo moderno, munido de articulações e estratégias que garantam a eficiência e eficácia do processo. Assim, é de fundamental importância uma boa Gestão da Manutenção associada a um Planejamento que possibilite resultados no setor industrial.

O aumento da competitividade e os novos desafios relacionados ao aumento de produtividade entre as indústrias têm exigido máquinas cada vez mais complexas e sofisticadas. Por isso, o sistema de monitoramento da condição das mesmas deve ter, antes de tudo, uma manutenção eficiente, a fim de haver o total aproveitamento das instalações e a disponibilidade plena dos equipamentos. Dessa forma, esta pesquisa justifica-se pelo fato de que, em um mundo competitivo e continuamente aberto a inovações, as indústrias têm sido desafiadas com os aspectos relativos à gestão e planejamento da manutenção, os quais primam por ações que garantam a excelente funcionalidade dos sistemas produtivos.

O setor industrial enfrenta constantemente desafios relacionados à falta de gestão e de planejamento da manutenção, o que acaba resultando em problemas como perdas no processo produtivo, gastos necessários, degradação de máquinas e equipamentos, baixa eficiência, dentre outros. Diante destes aspectos, questiona-se: de que maneira a Gestão da Manutenção podem impactar os processos industriais?

O principal objetivo desta pesquisa foi apresentar a importância da utilização da Gestão e do Planejamento da Manutenção para o setor industrial. Além disso, apresenta por objetivos específicos: a) Verificar através dos estudos científicos os principais processos existentes no setor de Planejamento de Controle da Manutenção; b) Identificar na literatura as principais funções do setor de Planejamento e Gestão da manutenção e suas características; c) Analisar com base nas pesquisas o papel do FEMEA enquanto sistema que auxilia o funcionamento do setor de Planejamento e Controle da Manutenção.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Tratou-se de uma revisão bibliográfica de caráter descritivo. Inicialmente, foi definido

o problema da pesquisa e os descritores. Os descritores utilizados foram: patologias, revestimentos, fachadas e construção civil. Na segunda etapa, foram determinados os critérios de inclusão e exclusão, que permitiu a seleção da amostragem, optou-se por incluir os estudos que apresentaram os descritores selecionados e com referência à temática abordada, em idioma português, disponibilizados na íntegra gratuitamente e publicados nos anos de 2012 a 2022. Sendo excluídos da amostragem artigos duplicados, aqueles que não atenderam ao objetivo proposto e nem continham informações sobre os assuntos que serão abordados no trabalho. Foram pesquisados artigos científicos nas bases de dados: Google Acadêmico, Scielo e Portal de Periódicos da CAPES. Posteriormente, em um terceiro momento, foi feita a categorização dos estudos, o que permitiu a coleta de informações contidas nos artigos selecionados. Em seguida, ocorreu a avaliação dos estudos por meio da leitura minuciosa e seleção dos artigos que integraram a amostra deste estudo. Por fim, realizou-se a discussão e interpretação dos dados coletados e o estudo foi apresentado com a síntese do conteúdo obtido através das bases científicas.

2.2 Manutenção: Fundamentos teóricos

Segundo Branco Filho (2018), é possível observar que, nas últimas três décadas, foram feitas não somente inovações nos sistemas organizacionais de forma a facilitar a efetiva integração das pessoas, recursos e tarefas, como houve, também, a evolução de diversos sistemas de planejamento, acompanhamento e controle das atividades de uma Gerência de Manutenção. Kardec e Nascif (2021) também explanaram que o crescimento e a automação das unidades com a consequente complexidade advinda, destacaram ainda mais o papel da atividade de manutenção de equipamentos e instalações, não só como um requisito para preservar o seu patrimônio e continuidade operacional, mas também como um meio para alcance de metas e resultados operacionais.

Conforme destaca o autor Monchy (2017, p.3), “o termo manutenção tem sua origem no vocábulo militar, cujo sentido era manter nas unidades de combate o efetivo e o material num nível constante de aceitação”.

A palavra manutenção surgiu na década de 1950, nos Estados Unidos, em função do desenvolvimento tecnológico do pós-guerra. Países como a Inglaterra, Alemanha, Itália e Japão reconstruíram o seu desempenho industrial baseando-se na Engenharia de Manutenção. Entretanto, a manutenção sempre existiu, mesmo nos tempos mais antigos (KARDEC; NASCIF, 2021).

Segundo Moraes (2015), a evolução da manutenção ocorreu em três gerações: primeira, segunda e terceira geração. De acordo com Costa (2018), a Primeira Geração compreende o período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando as atividades industriais ainda ocorriam de forma mecanizada e os equipamentos ainda eram simples. Em função do contexto econômico da época, a produção não ocorria de forma prioritária, dessa maneira, não havia necessidade que a manutenção ocorresse de maneira sistematizada. Assim, apenas atividades básicas corretivas como limpeza, lubrificação e reparo eram realizadas.

Já na Segunda Geração, que ocorreu desde a Segunda Guerra Mundial até a década de 1960, as demandas em relação à produção aumentaram em massa em função das pressões que o período enfrentava. Simultaneamente, ocorria a redução da mão de obra industrial. Como consequência dos fatos que ocorreram na época, a mecanização aumentou consideravelmente, assim como a complexidade das máquinas e das instalações industriais. Nessa etapa da evolução da mecanização, passou a observar-se a necessidade de uma maior confiabilidade dos processos, a fim de garantir maior produtividade industrial.



Como a indústria era dependente do bom funcionamento das máquinas, evidenciou-se a ideia de que as falhas dos equipamentos deveriam ser evitadas, resultando no surgimento do conceito de Manutenção Preventiva (DRUCKER, 2018).

Conforme Filho (2016), na década de 60 a Manutenção Preventiva ocorria de maneira prevista, realizada nos equipamentos em intervalos fixos e previamente estabelecidos. Outro aspecto importante deste momento foi o aumento dos custos relacionados à manutenção, encarecendo os sistemas de planejamento e de controle da manutenção. Com o aumento do investimento na aquisição de produtos, assim como do capital, as pessoas passaram então a procurar formas de aumentar a vida útil dos produtos físicos.

Já na Terceira Geração passou a ter início a partir da década de 1970 com o crescimento das indústrias. Essa etapa caracterizou-se por acelerar o processo de mudança no setor industrial por meio da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, proporcionadas pela intervenção baseada em suas condições. Neste período, a automação e a mecanização ganharam um crescimento considerável no mercado, evidenciando a necessidade da confiabilidade e da disponibilidade em inúmeros setores, como a saúde, telecomunicações, construção civil, dentre outros (COSTA, 2018).

Na terceira geração, a manutenção preditiva passou a ser reforçada enquanto conceito, evidenciando-se a necessidade de uma maior interação entre as fases de implantação de um sistema (LARA, 2013).

A Gerência de manutenção pode ser composta por vários setores que auxiliam no processo de gestão, dentre eles podemos destacar o setor de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) que se constitui em uma “atividade processual”, com funções pré-definidas e sistema que visa coordenar de forma eficiente todos os recursos envolvidos na manutenção, de forma a atender as suas principais demandas; manter o perfeito funcionamento da maquinaria e buscar sempre a melhoria dos processos (VIANA, 2022).

2.3 Planejamento e gestão da manutenção: Conceitos e aspectos

O planejamento das atividades de manutenção é um aspecto fundamental para o bom gerenciamento da atividade. Estes deverão ser realizados de forma adequada, garantindo a execução de todas as medidas preventivas e corretivas, além da disponibilidade de recursos necessários para a segurança e confiabilidade dos serviços (AZEVEDO, 2019).

De acordo com Elias (2015, p. 92), o “planejamento é a tarefa de traçar as linhas gerais das coisas que devem ser feitas e dos métodos de fazê-las, a fim de atingir os objetivos da empresa”. Almeida (2019, p. 171), por sua vez, destaca: “O planejamento e a padronização são as bases para melhorar o gerenciamento da manutenção.”

Segundo Campos (2019), o planejamento da manutenção constitui uma etapa importantíssima do processo industrial, independente da complexidade, da dimensão e do tamanho do serviço. O autor destaca também que o planejamento da manutenção executa uma série de atividades, podendo-se mencionar o detalhamento, micro detalhamento, orçamento e facilitação dos serviços.

No detalhamento dos serviços são definidas as principais tarefas a serem realizadas, bem como os recursos e tempo necessários para a execução de cada uma delas. No micro detalhamento são incluídas ferramentas consideradas críticas para a execução da atividade. Na etapa de orçamento, são levantados os custos financeiros dos recursos (humanos e materiais) a utilizados nos serviços a serem executados. Na última etapa do planejamento, a facilitação, são realizadas análises prévias e aprovação dos orçamentos

a serem utilizados nas atividades executadas. Nesta etapa, leva-se em consideração os níveis de prioridade das atividades (urgência, emergência, normal operacional e normal não operacional) (ELIAS, 2015).

Segundo Filho (2018), a manutenção tem como objetivo conservar as máquinas e equipamentos, e provavelmente, prédios e o demais estruturas que possam fornecer utilidades, de modo a possibilitar a confecção de produtos e artigos e a obtenção de lucros. De acordo com Pinto e Xavier (2016), a Organização da Manutenção de qualquer organização ou atividade deverá estar voltada para a solução dos problemas existentes na produção, liderada pela gerência, de forma a garantir melhores resultados e que a empresa permaneça competitiva no mercado.

Para Furtado (2015), o sucesso da organização da manutenção está diretamente relacionado à definição das metas, objetivos, princípios e filosofia a serem adotadas pela empresa em função das atividades a serem realizadas pela manutenção. Ainda segundo este autor, dentre os principais aspectos relacionados ao gerenciamento da manutenção, pode-se destacar as metas e objetivos da empresa; o tamanho da empresa e as suas instalações; a dimensão da manutenção a ser empregada; o preparo e a capacitação do pessoal de manutenção e o controle de qualidade das atividades estabelecidas e realizadas.

Gregnanin (2016) destaca que os fatores e conceitos relacionados ao gerenciamento da manutenção devem estar presentes em uma empresa, bem como a implementação da divisão das funções e responsabilidades dos seus colaboradores, evitando ao máximo a sobrecarga ou sobreposição das funções. O autor ainda destaca que as linhas verticais de autoridade devem ser as mínimas possíveis e a cada líder deve-se estabelecer uma quantidade ideal de colaboradores subordinado, adequando a organização da atividade às pessoas envolvidas no processo.

Segundo Knight (2014), quanto à sua estruturação, a manutenção pode ser centralizada, descentralizada, mista ou matricial. Nas estruturas centralizadas, as ações são realizadas por um só departamento. Como exemplo prático desta estruturação, pode-se mencionar as oficinas, para onde são direcionadas as ordens de serviço. Essas unidades são centralizadas e as suas equipes atendem a todos os setores de operação. Setores administrativos, de staff, planejamento, custos ou projetos estão inclusos em um departamento que, geralmente, é liderado por um superior (gerente) em posição hierárquica.

Muassab (2016) destaca que a manutenção centralizada proporciona diversas vantagens para a empresa, como a criação de um quadro de profissionais qualificados para a manutenção das atividades. Além disso, pode-se observar também que as atividades de manutenção são realizadas com mais eficiência e as despesas da manutenção podem ser centralizadas num setor de contabilidade.

Segundo Campos (2018), a Gestão da Manutenção pode ser conceituada como um conjunto de técnicas e atividades indispensáveis ao funcionamento regular e ao bom desempenho de máquinas, equipamentos, instalações e ferramentas. Essas técnicas envolvem cuidados como a adequação, conservação, substituição, prevenção e restauração do objeto a ser mantido. A Gestão da Manutenção busca, portanto, a garantia da qualidade da manutenção a ser realizada, evitando problemas na produção.

Campos Júnior (2016) destaca que a Gestão da Manutenção pode ser considerada como um processo que tem como objetivo supervisionar o funcionamento regular de recursos utilizados nos processos produtivos e de fabricação, como máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esse processo é de fundamental importância para o desempenho dos processos industriais, pois evita paradas na produção e gastos desnecessários em manutenções ineficientes.



Conforme Azevedo (2019), a Gestão da Manutenção é um conjunto de ações desempenhadas na busca constante pela qualidade e eficiência dos serviços e produtos. As atividades desenvolvidas pela Gestão da Manutenção monitoram a qualidade dos equipamentos, evitando falhas como o rompimento dos prazos, custos elevados, riscos de acidentes, clientes insatisfeitos, dentre outras.

Primeiramente, para que a Gestão da Manutenção seja de fato eficiente, é necessário tratá-la com um aspecto sistêmico. Assim sendo, é extremamente admirável a opção de supervisores com grande habilidade de liderança, cautelosos às ocasiões e à tática da corporação, e que ao mesmo tempo operem juntamente à equipe, integrando-a e sendo fonte de informação. Neste sentido, ainda se deve investir em um grupo bem organizado: habilitação profissional será decisiva para este artifício, haja vista, as técnicas e softwares ampliados exigirão cada vez mais profissionais capacitados, habilitados e polivalentes (CAMPOS, 2018).

2.4 Fundamentos de análise e modos de falha e efeitos como ferramenta do planejamento e controle da manutenção

Durante as últimas décadas, a Manutenção sofreu grandes alterações e tornou-se mais complexa, levando muitas organizações a deixarem de considerá-la como um mal necessário, para passar a ser vista como fator determinante para a eficiência da produção, para o desenvolvimento da empresa e economia. Logo, a Manutenção tornou-se uma função estratégica para a antecipação das falhas dos equipamentos e segundo a NBR 5462-1994 (1994), a Manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (BELHOT; CAMPOS, 2015).

Ainda segundo Otoni e Machado (2018), deve-se entender a tendência mundial e compreender o tipo de manutenção adequada para cada segmento empresarial. Sendo essa observação um dos fatores determinantes de sucesso nas intervenções de manutenção, garantindo assim a otimização dos processos e por conseguintes maiores lucros em relação a atividade desenvolvida. Ou seja, não apenas garantir a permanência das organizações, mas possibilitar-lhes crescimento e expansão.

Os métodos de manutenção são essenciais para evitar maiores perdas diante de uma parada não programada. O método mais utilizado pelas empresas brasileiras ainda é o a Manutenção Corretiva, devido ao fato de que muitas empresas ainda estão atrasadas em relação às novas tendências mundiais. Mas, grandes empresas como montadoras de automóveis e mineradoras já buscam a maior utilização de métodos preventivos de manutenção (SOUZA, 2018).

Os métodos de manutenção expressam a maneira pela qual é realizada a intervenção nos equipamentos, nos sistemas ou instalações. Na literatura técnica, também são descritos como políticas de manutenção. Os três métodos de Manutenção mais conhecidos são Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva e Manutenção Preditiva. Iremos abordar os três métodos mais tradicionalmente conhecidos. Pois, as classificações mais atuais estão todas relacionadas com a classificação mais comum (TAVARES, 2016).

Pinto e Xavier (2016) conceituam a Manutenção Corretiva como a correção da falha de maneira aleatória. Ou seja, ela é realizada após a ocorrência de uma quebra e é um método sem planejamento. É comum a adoção da manutenção corretiva para algumas partes menos críticas dos equipamentos, porém é preciso dispor dos recursos necessários – peças de

reposição, mão-de-obra e ferramental para agir rapidamente. Este método é barato, mas pode impactar seriamente o tempo de produção de uma empresa.

A Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo, afirmam Pinto e Xavier (2016). A manutenção Preventiva surgiu pela necessidade de conseguir maior disponibilidade e, principalmente, de confiabilidade dos ativos empresariais. Era necessário manter o negócio em pleno funcionamento para manter-se competitivo. Este é um método que precisa ser muito bem programado e organizado. É fundamental que o plano de manutenção considere as condições ambientais e de funcionamento do equipamento, com o intuito de reduzir as chances de erro no planejamento (OLIVEIRA, 2015).

A Manutenção Preditiva é considerada uma forma mais apurada de programar intervenções nos equipamentos. Para Tavares (2015), a ação preditiva é uma filosofia que evita a tendência à super manutenção (por exemplo, a manutenção e os reparos excessivos) a que estão propensos os enfoques convencionais de manutenção preditiva. Segundo Moura (2019), a Manutenção Preditiva consiste em uma sequência de tarefas da Manutenção Preventiva que juntas, visam acompanhar um determinado equipamento, por monitoramento, medições ou ainda, através de um controle estatístico com a intenção de prever a proximidade da ocorrência da falha.

Conforme definição da NBR 5462-1994 (1994), falha é a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina, de desempenhar a sua função durante um período, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva um item a um estado de indisponibilidade. Segundo Kardec e Nascif (2021), pode ser definida como a cessação da função de um item ou incapacidade de satisfazer a um padrão de desempenho previsto.

São diversos os fatores que desencadeiam as falhas. Operação incorreta, falha de material ou informações, ações dos clientes, falta de padronização de peças, erros de projetos, acúmulo de sujeira, lubrificação incorreta, plano de manutenção inadequado, podem ser enumerados como causa de falhas. Vale ressaltar que a falta da cultura de ler por inteiro o manual da máquina e seguir as orientações dos fabricantes, também, contribuem para ocorrência de falhas (CONCEIÇÃO, 2018).

As falhas representam uma grave perda de tempo para o sistema de produção. A máquina nunca quebra totalmente de uma só vez, mas para de trabalhar quando alguma parte vital de seu conjunto se danifica. A falha completa é resultado do desvio de características além dos limites especificados, causando perda total da função requerida do equipamento, enquanto a falha parcial não causa a perda total da função requerida (FILHO, 2016).

As falhas fazem parte do cotidiano das mais variadas organizações, e, ignorá-las, pode ser crucial para o insucesso das empresas. É necessário que os administradores, técnicos e engenheiros estejam atentos às falhas em seus produtos e serviços e, a partir da experiência, aprender e mudar o comportamento de acordo com o que foi observado. Porém, quando uma falha acontecer, procurar saná-la da melhor maneira possível, de modo a recuperar a confiabilidade dos clientes perante a empresa (MOURA, 2019).

A Análise de Falhas surge da demanda de saber as causas raiz desses tipos de ocorrência. Como foi dito anteriormente, as falhas, infelizmente, ainda fazem parte do cotidiano de muitas organizações e muitas empresas não conseguem identificar a causa de raiz muitas quebras. Com isso, as organizações desperdiçam a chance de poder conhecer o motivo das falhas e evitar novas ocorrências. Monchy (2017) define a Análise de Falhas como um método para evitar, prevenir ou analisar anomalias ou não conformidades



em projetos, processos e produtos

Analisar uma falha é interpretar as características de um sistema ou componente que não mais desempenham suas funções com segurança. Quando uma análise de falha não serve de subsídio para um conjunto de ações corretivas, diz então, que a sua utilidade foi nula, perdendo-se tempo. Quando não se determina a causa física da falha, não é possível introduzir melhorias no sistema em estudo (COSTA, 2018).

Esse processo tem como característica ser realizado através da utilização de grupos multidisciplinares. Segundo Costa (2018) toda falha necessariamente possui uma causa (origem) e uma solução, portanto na metodologia em questão são analisados todos os aspectos que influem no ativo, por exemplo serviços de manutenção anteriores, materiais utilizados na manutenção, modo de operação do ativo, materiais utilizados na produção, mudanças no ambiente, entre outros.

Vale ressaltar que para a obtenção do sucesso nesse tipo de sistema, o importante é verificarmos os parâmetros das máquinas. Isso inclui um pré-conhecimento por parte do operador, uma vez que, ele é o responsável por zelar pelo ótimo funcionamento do equipamento evitando paradas repentinas. Às vezes, mesmo o operador não tendo o conhecimento de um profissional de manutenção, é cabível a ele entender quando alguma peça não está agindo de forma correta no equipamento. Uma das formas de conhecer melhor os parâmetros das máquinas é realizando inspeções diárias (NEPOMUCENO, 2017).

Dentre as várias ferramentas que são utilizadas para a realização da metodologia de análise de falhas, merece destaque a ferramenta Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA). Drucker (2018) afirma que a Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos (FMEA), que tem como objetivo identificar potenciais modos de falha de um produto ou processo. De forma a avaliar o risco associado a estes modos de falhas, para que sejam classificados em termos de importância e então receber ações corretivas com o intuito de diminuir a incidência de falhas. É um método que permite uma análise preventiva das possíveis causas de falhas de um produto, aumentando a sua confiabilidade.

Nunes e Valadares (2018) conceituam o Modo de Falha como a forma que se dá a ocorrência das falhas, a maneira como ocorre a falha, a forma como o item deixa de dar o resultado esperado ou desejado. Sendo uma particularidade de cada item em função do ambiente de trabalho, material e processo de fabricação, desgaste, operação, qualidade.

A FMEA é uma metodologia importante que pode ser utilizado em diferentes áreas de uma organização como: projetos de produtos, análise de processos, área industrial e/ou administrativa, manutenção de ativos e confiabilidade com o intuito de trazer importantes benefícios para o negócio. Segundo Moubray (2016), o uso da ferramenta FMEA na área industrial torna-se bastante laboriosa e onerosa em termos econômicos e em relação ao tempo que se destina para realizar tal ação. Além disso, muitas aplicações têm apresentado resultados não satisfatórios devido às descrições inconsistentes das funções do objeto estudado e de suas respectivas falhas. Ela é utilizada com o intuito de prevenir falhas e avaliar os riscos de um determinado processo, por meio da identificação de das causas e dos possíveis efeitos, a fim de identificar as futuras ações a serem tomadas com o intuito de diminuir ou eliminar as falhas. A sua aplicação é realizada com o objetivo de diminuir a ocorrência de falhas em processos, aumentando a sua confiabilidade e diminuindo os riscos de erros e falhas.

Durante a sua aplicação, a utilização do FMEA dá-se por meio de três etapas diferentes. A primeira etapa consiste na determinação dos modos de falha, que corresponde à identificação das falhas existentes no processo, que podem ser definidas pela engenharia por meio de hipóteses, ou por meio das observações realizadas em campo. As observações

realizadas em campo geralmente são mais confiáveis (MORAES, 2020).

A segunda etapa consiste em analisar os riscos de cada modo de falha. Nesta etapa, observa-se que a determinação do modo de falha passa por três etapas distintas (determinação da ocorrência de falha, determinação da severidade da falha e determinação da probabilidade de detecção da falha). Já a última etapa, que consiste no cálculo do RPN, representa uma maneira de saber qual modo de falha realmente começará a calcular primeiro (MORAES, 2015).

Portanto, conforme ressalta Costa (2018), as etapas que compõe o FMEA atuam com o intuito de definir qual processo será analisado; a equipe que irá compor a investigação; a não-conformidade; as causas e os efeitos das falhas; a identificação das causas conforme os níveis de riscos; a determinação das ações preventivas; e os prazos de execução de cada ação.

Segundo Nepomuceno (2017), a ferramenta FMEA é desenvolvida basicamente em dois grandes estágios. No primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto, processo ou serviço são identificados e relacionados com suas respectivas causas e efeitos. No segundo estágio, é determinado o nível crítico, isto é, a pontuação de risco destas falhas que posteriormente são colocadas em ordem. Para Elias (2015), a determinação do nível crítico dos modos de falha é realizada com base em três índices que são o índice de severidade, o índice de ocorrência e o índice de detecção das causas desses modos de falha.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se com a presente pesquisa que a Manutenção Industrial pode ser compreendida como um conjunto de práticas cujo objetivo principal é fiscalizar e manter as ferramentas, máquinas e equipamentos industriais em perfeito funcionamento, de maneira a evitar falhas nos processos ou acidentes que comprometam a qualidade dos empregados e do meio ambiente. A história da Manutenção Industrial está dividida em três fases distintas (1ª, 2ª e 3ª Gerações), cujas características quanto ao uso, disponibilidade e manutenção dos equipamentos evoluem com o passar dos tempos.

Observou-se também que o Planejamento e a Gestão da Manutenção são aspectos fundamentais para um bom gerenciamento das atividades industriais. Eles devem ser realizados de maneira adequada, de forma a garantir a execução de todas as medidas preventivas e corretivas, bem como disponibilizar todos os recursos e insumos necessários para a confiabilidade e a segurança dos serviços oferecidos. Dessa forma, um bom planejamento e gestão adequados da manutenção são fatores imprescindíveis para melhorar o gerenciamento do setor de manutenção industrial.

Pode-se concluir também que os diferentes métodos de manutenção são muito importantes para que não ocorram maiores perdas diante de uma parada não programada. Destaca-se entre esses métodos o FMEA - Análise de Modos de Falha e Efeitos, cujo objetivo é analisar de que maneira ocorrem as falhas e a forma como o item deixa de dar o resultado esperado ou desejado. A sua aplicação ocorre por meio de três etapas distintas: determinação dos modos de falha, análise de riscos e cálculo do RPN. Diante disso, pode-se afirmar que os objetivos propostos nessa pesquisa foram alcançados.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Manutenibilidade – Terminologia. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55000**: Gestão de Ativos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55001**: Gestão de Ativos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55002**: Gestão de Ativos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- AZEVEDO, N. C. **Sistema de Gestão com Foco em Resultados**, Taubaté, 2019. Monografia – Universidade de Taubaté.
- BELHOT, R. V.; CAMPOS, F. C. **Relações entre manutenção e engenharia de produção: uma reflexão**. *Revista Produção* [online]. Vol.5, n.2, 2015.
- BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2018
- CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 2016.
- CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG, 2019.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **O SISTEMA DE MANUTENÇÃO PADRONIZADO**. Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-Dia, Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2018.
- CONCEIÇÃO, C. S. **Da revolução industrial à revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina**. 2018.
- COSTA. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. 2018.
- DRUCKER, P. O futuro já chegou. **Revista Exame**, v. 22, n. 03, 2018.
- ELIAS, A. **Terceirização**. In: VIII Congresso de Manutenção Semapi. São Paulo. Anais...São Paulo: SEMAPI. 2015.
- FILHO, G. B. **Auditoria em Manutenção**. In: VIII Congresso de Manutenção Semapi. São Paulo. Anais...São Paulo: SEMAPI, 2016.
- FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica. 2018 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro [online]. Disponível em < <http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf> > Acesso em 02 out. 2022.
- FURTADO, Eduardo J. de A. A. **Gestão de Manutenção em Empresas Têxteis de Grande Porte**, Santa Catarina, 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção).
- GREGNANIN, A. O **SISTEMA DE MANUTENÇÃO PADRONIZADO**, São José dos Campos, Monografia – Conexão Recursos Humanos FGV, 2016.
- KARDEC, Alan Pinto; NASCIF, Júlio de Aquino Xavier. **Manutenção: Função Estratégica**, Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2021
- LARA, A.M.F. **Terceirização**. In: VIII Congresso de Manutenção Semapi. 11... 2013. São Paulo. Anais...São Paulo: SEMAPI. 2013.
- MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 2017.
- MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2015.
- MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2015. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) –Departamento de Economia, Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté. Disponível em: <<http://migre.me/4FEPO> >. Acesso em 13 de set. 2022.
- MOUBRAY, J. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 2016.
- MOURA, M. L. **Planejamento Estratégico Estruturado em Tecnologia de Informação: Projeto ERP - Tigre**,

Taubaté, 2019. Monografia – Universidade de Taubaté.

MUASSAB, J. R. **Gerenciamento da Manutenção na Indústria Automobilística**, Taubaté, 2016. Monografia – Universidade de Taubaté.

NEPOMUCENO, Lauro X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**, São Paulo, Editora Edgar Blucher, 2017.

NUNES, E. N; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Instalação de unidades Geradoras de Energia Elétrica**. 2018. Disponível em: <www.fae.edu/publicacoes/pdf/art_cie/art_20.pdf> Acesso em 15 set. 2020.

OLIVEIRA, D. **Implementação de um plano de manutenção preventiva numa empresa de fundição**. Braga: Universidade do Minho, 2015.

SOERIO, Marcus Vinicius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da Manutenção**. Londrina: Educacional S.A, 2017.

SOUZA, José Barrozo. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle de produção (PCP)**. 2018. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Campus Ponta Grossa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2018.

TEIXEIRA, R. **Enquadramento de um plano de manutenção preventiva no sistema de ERP na Viroc Portugal**. Portugal: Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Setúbal, 2012

VAZ, José Carlos. Gestão da Manutenção. In: CONTADOR, José Celso (Coord.) et al. **Gestão de Operações: A Engenharia de Produção a serviço da modernização da empresa**. São Paulo: Blucher, 2010.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Fator de sucesso para gestão da manutenção de ativos**. Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

XAVIER, Júlio Nascif; **Manutenção orientada para o resultado**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.



36

MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA *INTERNAL COMBUSTION ENGINES*

Eric Leonne Pinheiro Coelho

Resumo

De acordo com os estudos de diferentes cientistas e especialistas neste tema, a máquina necessita de atividades apropriadas para o desenvolvimento completo, proporcionando o seu desenvolvimento integral. Assim, qual a importância da utilização dos motores de combustão interna dos veículos e como o meio ambiente reage com a queima deste combustível. O objetivo geral deste trabalho propõe discutir a importância da queima de combustão interna e sua utilização como ferramenta essencial em um motor junto ao trabalho mecânico que é convertido no processo de combustão. Os objetivos específicos estão desenvolvidos por meio dos capítulos desta pesquisa a fim de compreender o conceito da combustão interna; conhecer os benefícios dos tipos de motores existentes nos veículos e esclarecer a importância do motor a combustão interna de pistão.

Palavras-chave: Motores de combustão. Queima de combustão. Motor. Desenvolvimento.

Abstract

According to the studies of different scientists and specialists in this subject, the machine needs appropriate activities for its complete development, providing its integral development. Thus, what is the importance of using internal combustion engines in vehicles and how the environment reacts with the burning of this fuel. The general objective of this work proposes to discuss the importance of internal combustion burning and its use as an essential tool in an engine along with the mechanical work that is converted in the combustion process. The specific objectives are developed through the chapters of this research in order to understand the concept of internal combustion; know the benefits of the types of engines existing in vehicles and clarify the importance of the piston internal combustion engine.

Keywords: Combustion engines. Combustion burn. Motor. Development.

1. INTRODUÇÃO

O tema escolhido foi trabalhado a fim de compreender como os motores de combustão interna é utilizado nos veículos, o motor é capaz de converter diferentes formas de energia mecânica proporcionando o seu movimento, trabalhando em conjunto sendo indispensáveis para formação do motor e favorece o processo de funcionamento e o desenvolvimento dos veículos.

A criação do motor em combustão foi realizada pelo alemão Nikolaus August nos anos 80 proporcionando muitas mudanças na indústria sendo identificada nas transformações termodinâmicas utilizadas na atualidade, para que aconteça a combustão é necessário que aconteça a admissão, compressão, explosão e escape e assim, proporcionando a entrada de ar e combustível.

Com a substituição do motor a vapor proporcionou diversos avanços e melhorias por se tratar de motores mais leves e mais potentes, diferentes estruturas é possível observar nos motores de combustão e assim componentes são apresentados nesse tipo de máquina ou veículo, representados por meio do bloco: a base do motor; cabeçote: válvulas de admissão e exaustão; carter: Reservatório de óleo; conjunto de pistão-biela: componente que comprimi o ar e gera explosão; virabrequim: transforma em movimento de rotação; eixo de comando de válvulas: abre e fecha as válvulas.

De acordo com os estudos de diferentes cientistas e especialistas neste tema, a máquina necessita de atividades apropriadas para o desenvolvimento completo, proporcionando o seu desenvolvimento integral. Assim, qual a importância da utilização dos motores de combustão interna dos veículos e como o meio ambiente reage com a queima deste combustível?

O objetivo geral deste trabalho propõe discutir a importância da queima de combustão interna e sua utilização como ferramenta essencial em um motor junto ao trabalho mecânico que é convertido no processo de combustão. Desenvolvendo os objetivos específicos através do desenvolvimento desta pesquisa a fim de compreender o conceito da combustão interna; conhecer os benefícios dos tipos de motores existentes nos veículos e esclarecer a importância do motor a combustão interna de pistão.

2. DESENVOLVIMENTO

Brunetti (2012) apresenta o conceito da combustão interna em que as máquinas térmicas permitem a transformação do calor, em diferentes tipos de formas como a combustão, energia elétrica, atômica, entre outras. Este calor é produzido pela queima de combustível, sendo a energia química do trabalho mecânico, esse processo ocorre pelo fluido ativo, entre a mistura de ar e combustível.

O motor é considerado uma máquina que possibilita a conversão em qualquer momento da energia no processo de trabalho mecânico, assim, o motor de combustão acaba transformando em energia térmica (calorífica) em trabalho mecânico (energia mecânica). Em que é possível encontrar tipos de motores sendo eles a combustão externa no que se refere as máquinas a vapor; combustão interna relacionado ao pistão podendo ser composto de 2 ou 4 tempos (BRUNETTI, 2012).

Os motores a combustão interna de pistão (ciclo Diesel) podem ser de injeção direta

ou indireta, em que o combustível é queimado no processo interno constituído pelo pistão, biela e virabrequim, formando então a energia térmica (calorífica) em energia mecânica (BRUNETTI, 2012).

É possível identificar um movimento alternativo (vai e vem) envolvendo o pistão no interior do cilindro em que é transformado no movimento rotativo por meio da biela e do virabrequim, como os motores de tratores fazem a utilização de um ou mais cilindros, de acordo com a quantidade de número de pistões e bielas (BRUNETTI, 2012).

As partes internas estão relacionadas com os componentes como o bloco considerado a maior parte do motor, sustentado pelas demais partes, sendo contidos pelos cilindros, em relação a linha dos motores dos tratores de rodas, construídos com material de ferro fundido, sendo acrescentado demais materiais a fim de melhorar as suas propriedades (BRUNETTI, 2012).

De acordo com alguns blocos é possível encontrar tubos que são removidos formando as paredes dos cilindros, em que são chamadas de camisas, em que são úmidas ou secas, podendo entrar em contato ou não com a água da refrigeração do motor (BRUNETTI, 2012).

Tillmann (2013), identifica os benefícios encontrados por meio dos tipos de motores existentes nos veículos visto que é possível encontrar pois principais tipos de motores sendo a mistura ar-combustível que ocorre a queima da combustão e também acontece pela faísca em que o veículo aspira somente o ar, em seguida o combustível é pulverizado promovendo a sua queima por meio do calor e da pressão.

Ao decorrer dos anos, diferentes tipos de motores são utilizados nos veículos podendo ser eles em 2 tempos, Wankel e a jato, mas com o avanço da tecnologia hoje é possível encontrar motores de ciclo Otto e Diesel. Os motores Otto faz uso de combustíveis sendo gasolina ou etanol, realizando a queima, já os motores a diesel que pode ser de 4 tempos (TILLMANN, 2013).

De acordo com o tipo de motor são necessários que todos sejam compostos de dos elementos como o ar, combustível e o gatilho para ser realizada a explosão, a sua característica irá encaminhar para o uso de vela, em que solta uma faísca dentro do cilindro gerando a explosão ou a compressão de gases no interior do cilindro pelo alto nível de temperatura (TILLMANN, 2013).

Os motores podem ser considerados aspirado, quando o ar é puxado para dentro do motor utilizando apenas o vácuo gerado pelo movimento dos cilindros e o sobrealimentado, quando acontece que um equipamento específico força a entrada de mais de um motor para dentro do motor, os equipamentos mais utilizados e considerado o principal para sobrealimentar o motor sendo eles o turbocompressor e o compressor (TILLMANN, 2013).

A disposição dos cilindros mecânicos modifica o tipo de motor podendo ser eles em linha, em que os cilindros são colocados lado a lado em linha reta. Motor em V, quando acontece duas bancadas de cilindros em linha dispostas em ângulo (daí o apelido V) amparadas pelo virabrequim. Motor em W, apresentando a mesma ideia do V, porém com quatro bancadas e o boxer, em que os cilindros estarão com a posição de maneira contraposta (TILLMANN, 2013).

Simêncio (2019) esclarece a importância do pistão, em que ocorre em diferentes tempos em que de acordo com o nível o seu desenvolvimento terá tempo diferenciado, assim, o movimento realizado pelo pistão representa uma sucção causada pelo fluxo de gases, permitindo que a mistura do combustível ar, provocando assim a combustão, aumentando a pressão e a temperatura.

O pistão é essencial para o funcionamento do motor, em que acontece a expansão dos gases em que ocorre a queima e faz com que o virabrequim seja movido pela biela, quando não tem o funcionamento dos pistões, não é possível que o veículo funcione neste caso as manutenções necessárias é preciso para que não aconteça a falha do funcionamento (SIMÊNCIO, 2019).

Os pistões são os cilindros que se movimentam para cima e para baixo no interior do motor, sua composição é feita por anéis que realizam a vedação total dos gases e líquidos, seus movimentos são impulsionados para que os gases sejam expandidos e queimados por meio da combustão (SIMÊNCIO, 2019).

Assim, é atingido a sua força e encaminhada para árvore das manivelas, mais conhecida como virabrequim, pela biela. A biela é fixada diretamente no pistão, realizando a conexão com virabrequim, muito importante para que os motores funcionem (SIMÊNCIO, 2019).

É por meio dessas três peças, em que são alternadas nos dois tipos de movimento para cima e para baixo e os de rotação, são acionados por meio das rodas fazendo com que o veículo entra em funcionamento, a resistência e eficiência dos pistões são produzidos por materiais especiais, como o alumínio (SIMÊNCIO, 2019).

2.1 Metodologia

Esta pesquisa está embasada no método de revisão literária (bibliográfica) realizada por meio de levantamentos apresentados pelos autores em artigos publicados nos últimos anos de acordo com o ano de publicação do livro e artigo, análises, verificações explicativas junto ao processo de funcionamento dos motores, atentando às normas da ABNT e de redação científica.

2.1 Resultados e Discussão

O projeto foi elaborado com objetivo de contribuir no processo de compreensão dos motores da combustão interna pelo fator de uma reação química realizada pela transformação de energia, desta forma é possível observar as mudanças de temperatura dos gases.

Com a opção de uma pesquisa qualitativa através da revisão literária, por ser um tema relevante dentro da sociedade possibilitando ao aluno o conhecimento desse processo de transformação, atendendo as necessidades diárias das pessoas, com o intuito de estudar quais melhores opções para não afetar o meio ambiente com os poluentes provenientes da combustão.

Esta pesquisa foi realizada através de levantamentos apresentados pelos autores em artigos, análises, verificações explicativas junto ao processo de desenvolvimento e funcionamento dos motores de combustão pela compreensão do tema no ensino e aprendizagem e através dos livros e artigos.

3. CONCLUSÃO

É possível perceber que há uma busca constante entre os motores de combustão utilizados em especial pelo combustível mais utilizado nos dias atuais a gasolina, em que

também é conhecido como motor explosão interna ou motor explosão de quatro tempos.

Este tema foi escolhido pela grande procura da população por este tipo de combustível, os termos utilizados fazem parte do processo inicial de funcionamento da energia liberada pela reação da combustão, por meio da mistura de ar e combustível que acontece dentro do veículo utilizado.

A expressão motor de quatro tempos é usada por conta do seu processo de funcionamento que é realizado pelos quatro estágios em diferentes tempos, o entendimento por esse processo é fundamental para o entendimento do uso de uma gasolina de qualidade, desta forma não gerar o desgaste de maneira errada pelo motor.

Este estudo é relevante contribuindo para a sociedade e comunidade acadêmica na medida em que busca refletir sobre o processo de entendimento do funcionamento da combustão interna de um veículo uma fase fundamental para o desenvolvimento acadêmico.

Referências

BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. Volume 1. São Paulo, 2012.

SIMÊNCIO, Éder Cicero Adão. **Motores de combustão interna**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

TILLMANN, Carlos Antonio da Costa. **Motores de combustão interna e seus sistemas**. Pelotas, RS: 2013.



37

GESTÃO DE PROCESSOS: APLICAÇÃO NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

PROCESS MANAGEMENT: APPLICATION IN INDUSTRIAL MAINTENANCE

Igor Assilon Melo Gomes

Joaquim Cantanhede de Castro

Leandro Ribeiro da Conceição

Lucas Breno Gomes Andrade

Robert Willian Nogueira dos Santos

William Pereira Sarges

Resumo

O presente artigo tem como foco a análise e estudo na gestão de processos para desenvolvimento eficaz do planejamento e execução da manutenção voltado ao setor industrial, sabendo-se que a gestão da manutenção afeta diretamente a integridade das máquinas e conseqüentemente toda a operação, sendo assim necessário tal estudo para melhor administração desse componente para prever, lidar e corrigir todo o escopo de variáveis que possam acontecer durante o funcionamento e produção industrial, onde essa administração passa por intervenções, estoques e compras. O objetivo geral é especificar, conceituar e classificar a gestão de manutenção e suas devidas aplicações, onde o objetivo específico é mostrar algumas ferramentas que podem ser usadas para melhoria desses processos. Todo o estudo foi feito mediante análise bibliográfica, tendo como base estudos já realizados sobre o tema como livros, relatórios, monografias e artigos, através dos quais pode-se fazer notório que uma boa gestão de processos na manutenção sempre trará grandes benefícios para a indústria como maior durabilidade, confiabilidade e qualidade dos processos e conseqüentemente dos produtos além do menor custo para todo o sistema.

Palavras-chave: Manutenção; Gestão da Manutenção; Tipos de Manutenção. Manutenção Industrial; Gestão de Processos.

Abstract

This article focuses on the analysis and study of process management for the effective development of maintenance planning and execution aimed at the industrial sector, knowing that maintenance management directly affects the integrity of the machines and consequently the entire operation, thus Such a study is necessary for better administration of this component to predict, deal with and correct the entire scope of variables that may occur during operation and industrial production, where this administration involves interventions, inventories and purchases. The general objective is to specify, conceptualize and classify maintenance management and its proper applications, where the specific objective is to show some tools that can be used to improve these processes. The entire study was carried out through bibliographical analysis, based on studies already carried out on the subject such as books, reports, monographs and articles, through which it can be made known that good management of maintenance processes will always bring great benefits to the company. industry as greater durability, reliability and quality of the processes and consequently of the products, in addition to the lowest cost for the entire system.

Keywords: Maintenance; Maintenance management; Types of Maintenance. Industrial maintenance; Processes management.

1. INTRODUÇÃO

O presente artigo estudou e analisou o desenvolvimento da gestão de processos de manutenção na indústria, fazendo pontos em ferramentas e métodos já desenvolvidos e apresentá-los de forma simples para melhor entendimento, classificação e aplicação.

Na produção industrial, independente da escala, o uso constante das máquinas faz consequentemente que eventuais falhas de peças e equipamentos ocorram no decorrer de todo o processo e inevitavelmente a redução de suas vidas úteis até ser inviável sua utilização. “A indisponibilidade de equipamentos vitais para a produção causa grandes impactos financeiros além de poder ocasionar acidentes e possivelmente redução na qualidade final do produto” (BARAN, 2015, p.13).

Consequentemente ao longo dos anos a gestão da manutenção veio ganhando grande relevância para a indústria. “Toda a cadeia que envolve essa gestão como o administrativo, estratégico, logística e executiva são pensados para melhorar e garantir a melhor qualidade no serviço e produtos” (HARRISON, 2000, p.180-185).

Todas as ações no âmbito da manutenção têm como objetivo primal garantir que toda parte vital para a continuidade do processo esteja sempre disponível e com perfeito funcionamento de forma confiável. “Quanto mais o sistema exige maior deve ser a preocupação na gestão da manutenção” (HIJES; CARTAGENA, 2006, p.444-450).

Diante desses aspectos, trazendo a necessidade de uma boa gestão da manutenção e os vários ajustes que devem ser feitos, pois apenas as abordagens quantitativas e indicadores não são suficientes para abordar todos os critérios que envolvem as especificidades de cada sistema, esse estudo tem como objetivo geral especificar, conceituar e classificar as várias etapas da gestão da manutenção, assim como objetivo específico trazer as ferramentas que podem ser aplicadas para uma gestão e execução eficaz.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O desenvolvimento do presente artigo foi feito utilizando-se de revisão bibliográfica para embasar a fundamentação teórica à análise do estudo proposto: Gestão da manutenção na indústria, estruturado nas gestões de processos.

Foi realizado uma pesquisa documental em livros, dissertações e artigos científicos. Tal método possibilitou a visão a qual a gestão da manutenção passou por diversas melhorias de acordo com cada setor nos últimos 20 anos. A união desses conhecimentos também possibilitou uma melhor análise para desenvolvimento de melhorias na gestão da manutenção.

2.2 Resultados e Discussão

Os principais conceitos no que se refere a terminologia que agrega a manutenibilidade e confiabilidade, estão descritos na NBR 5462 como os tipos de manutenção e classificação normativa, ações administrativas e técnicas (ABNT, 1994).

As atividades relacionadas a manutenção sofreram grandes alterações ao longo dos

últimos anos, exercendo cada vez mais sua importância dentro do ambiente industrial sendo notório sua participação na estabilidade dos processos industriais assim como na segurança das operações, melhor qualidade no produto final e da melhora nos investimentos feitos (KARDEC; NASSIF, 2013).

Com a rápida evolução tecnológica, também é integrado as ferramentas técnico informáticas como importante auxílio no cenário da manutenção industrial com os softwares de gerenciamento além de equipamentos por exemplo como sensores mais precisos (DANTAS, 2019).

De acordo com a NBR 5462, existem três tipos de manutenção: Corretiva, preventiva e preditiva. Esses três tipos de manutenção em resumo têm as respectivas características, agir após a falha do equipamento, agir de forma antecipada a falha do equipamento e monitorar (ABNT, 1994).

Segundo a NBR 5462 (ABNT, 1994, p. 7) define-se a manutenção corretiva como: “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. Logo a manutenção corretiva trata na correção na falha da máquina ocasionando uma parada não planejada de tempo indeterminado no equipamento, com a finalidade recolocar a máquina em devida operação em carácter de urgência para continuação do processo.

Ressaltando tal definição, Guimarães (2005) retrata que a manutenção corretiva é uma ação imediata, sendo uma ação emergencial que entra em prática somente quando o equipamento apresenta uma falha crítica de qualquer magnitude.

De acordo com a NBR 5462 (ABNT, 1994, p.7) a manutenção preventiva é definida como “aquela feita com periodicidade atendendo critérios previamente prescritos com objetivo de reduzir a chances de possíveis falhas no equipamento e a degradação de peças”.

A manutenção preventiva também pode ser descrita como a atuação de forma a reduzir ou evitar a quebra ou queda no desempenho, seguindo um plano previamente desenvolvido aplicados em intervalos de tempo pré-estabelecidos (KARDEC; NASSIF, 2013). Uma característica em comum entre ambas as definições que vale a pena destacar é regularidade de ações preventivas feitas em intervalos de tempos definidos, tal característica é de vital para a correta aplicação da manutenção preventiva.

Segundo Kardec e Nassif (2013) a manutenção preventiva deve ser feita da forma mais conveniente e simplista na reposição, na mesma linha. Quanto maiores os custos das falhas mais prejudiciais elas serão para a produção e operação. A manutenção preventiva trabalha com ações diárias objetivando a prevenção de possíveis falhas prolongando a vida útil dos componentes, tendo como base os dados empíricos (GUIMARÃES, 2005). Um clássico exemplo de fácil entendimento de uma manutenção preventiva é a checagem do óleo do motor de um automóvel, na tentativa de evitar danos ao motor (DANTAS, 2019).

Outro ponto de vista sobre a manutenção preventiva é defendido por Souza (2009) onde descreve como uma auxiliadora a manutenção corretiva, através de técnicas baseadas no estudo dos equipamentos.

A manutenção preditiva tem seu conceito idealizado a relativamente pouco tempo em relação as demais, porém assim como as outras e com auxílio feitas sobre os outros tipos de manutenção, a preditiva igualmente se inseriu como uma importante utilização na gestão da manutenção, tendo uma rápida evolução nos últimos anos (LIMA; ARANTES, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas, conceitua-se a “manutenção preditiva como a que garante a qualidade de serviço, utilizando uma aplicação sis-

temática de técnicas de análise através de supervisões centralizadas ou de amostragem” (ABNT, 1994, p.7).

Essa ferramenta da manutenção realiza acompanhamentos de parâmetros do desempenho das máquinas, definindo o momento adequado para realizar intervenções, para obter máximo proveito dos mesmos. Sua nomenclatura origina-se de sua característica de prever as condições da máquina (KARDEK; NASCIF, 2013).

Na manutenção preditiva entre em cena várias tecnologias de análise físicas e químicas para geração de parâmetros que possibilitam prever as condições atuais e futuras do equipamento como: Análise de óleos, análise de vibração, contagem de partículas, termometria, pulsos de choque, ultrassom e análises acústicas (SANTOS, 2009).

A organização da manutenção é definida através do desenvolvimento, planejamento e administração dos recursos de acordo com demanda solicitado por cada serviço (KARDEK; NASCIF, 2013).

Houve uma grande mudança na cultura da manutenção no Brasil a partir da década de 90, onde o país passou por um processo de redemocratização, enquanto os consumidores começam a colocar em destaque cada vez mais e compreender a importância da qualidade dos produtos e serviços, forçando uma adaptação da indústria como um todo para manutenção de suas posições no mercado (SOUZA, 2008).

Diante do que foi apresentado, ter um planejamento macro e específico com a criação de planos de manutenção personalizados é de fato essencial para mostrar a credibilidade, confiabilidade e disponibilidade de toda a produção industrial.

Os indicadores apesar de por si só não considerarem alguns aspectos, são essenciais e vitais para um planejamento estruturado, sendo o ponto de partida para desenvolvimento dos planos de manutenção. São eles que fornecem os dados estatísticos que mostram algumas relações como no desempenho e alguns atributos, podendo assim definir as devidas ações a serem tomadas assim como quem está apto para realizá-las. Outros aspectos correlacionados igualmente importantes para o plano de manutenção também são mostrados por indicadores como resoluções financeiras e resultados obtidos pelos métodos aplicados (ROSA, 2006).

Onde pode-se citar alguns dos tipos de indicadores mais relevantes para uma boa análise planejamento da manutenção. MTTF, (Tempo Médio para a Falha) conceituado por Branco Filho (2004) como o tempo médio entre o início ou entrada do funcionamento até a falha não reparável dos itens. MTBF (Tempo Médio Entre as Falhas) segundo Dantas (2019) este índice mostra a média do intervalo de tempo entre o funcionamento de cada item entre uma falha reparável atuando na manutenção corretiva e corretiva subsequente no mesmo equipamento. MTTR (Tempo Médio Para Reparo) também segundo Dantas (2019) este índice mostra a média de tempo que a manutenção necessita para recolocar de volta e funcionamento o equipamento após uma falha até ser dado como concluído. DF, (Disponibilidade Física), trata-se de quanto tempo o equipamento está em condições em realizar sua função de forma satisfatória e segura (DANTAS, 2019).

Para a demonstração de melhorias e vantagens adquiridas com planos de manutenção industriais, foi feito alguns destaques em casos em que tal proposta foi empregada dentro da indústria.

De acordo com Dantas (2019) foi feito um estudo na VALE, no terminal da Ponta da Madeira, a fim da execução de um plano para cumprir determinadas condições:

[...] definir o que cada setor envolvido deve ser responsável, que um plano de comunicação seja gerado, estabelecer um calendário de reuniões com o objetivo de que, em tempo suficiente as atividades ocorram, elaborar um plano de mobilização de recursos; criar um plano de contingência de riscos[...] (DANTAS, 2019).

Mediante a esse estudo foram elaborados planos de manutenção específicos para cada peça ao maquinário utilizado pela empresa de acordo com dados já previamente fornecidos pelo fabricante do equipamento, “para total funcionamento do redutor, será necessário a operação eventual, e que seja feito testes de desempenho semestrais e trocas agendadas da graxa após suas atividades” (DANTAS, 2019).

Contudo para a fabricante dos mancais a troca do óleo deve ser semestral, por decorrência da operação ser mais exigente. “É recomendável que seja feita a redução de medição de folgas, avaliação de graxa e estado da bucha nos locais de difícil acesso” (DANTAS, 2019).

Com as recomendações de interpretações não alinhadas com as mesmas medidas, os pontos da inspeção não possuem uma regularidade na manutenção. Faz-se assim a necessidade de uma resolução clara e objetiva para erradicar quaisquer dúvidas de quem consulta o plano de manutenção.

De acordo com o fabricante, a bomba deve se enchida com um líquido para que a mesma fosse protegida, sendo ela girada algumas vezes e que fosse drenada. Esse líquido nada mais é que um óleo antioxidante, conservando as partes metálicas da bomba.(DANTAS, 2019).

Segundo Alves (2009) em um estudo realizado em uma usina sucroalcooleira na implantação de uma melhor gestão da manutenção através de planos de manutenção, vários fatores foram afetados positivamente com reduções de custos com estoque e paradas por quebras de equipamento. Nesta análise específica alguns dados foram obtidos como o seguinte: a cada três dias em que as máquinas ficam inoperantes é acarretado um prejuízo de R\$3.990,00 (três mil, novecentos e noventa reais) chegando até a marca de R\$35.520,00 (trinca e cinco mil, quinhentos e vinte reais) com uma paralização de dez dias. Além da redução de custos para a empresa a implantação do plano de manutenção também oferece vários outros benefícios com a maior duração da vida útil das máquinas e maior confiabilidade.

Uma outra análise dessa vez apresentado por Almeida (2005) utilizando a teoria de utilidade multiatributo, feita a partir da seleção de intervalos na manutenção preventiva, aplicando os critérios de custo e confiabilidade. O impacto negativo na confiabilidade no modelo de decisão a partir do desse estudo trouxe uma solução ao recomendar menores intervalos da aplicação da manutenção preventiva trazendo assim uma melhor confiabilidade, sendo necessário para tal implementação um ligeiro aumento de custos se comparado com os planos anteriores vigentes do decisor, porém com melhores resultados a médio e longo prazo.

Outra grande e importante ferramenta que pode ser acrescida no desenvolvimento de planos de manutenção, diz respeito a modelagem matemática. A modelagem matemática implantada por softwares para realização de configuração periódicas traz um bom panorama dos diversos aspectos e pontos que envolvem as decisões no planejamento dos planos de manutenção preventiva na indústria, a garantir certa constância o que consequentemente leva a um aumento na confiabilidade em função da rentabilidade do siste-

ma operante, aliviando os custos (CORRÊA; DIAS, 2016).

Um estudo feito na manutenção realizada em uma indústria de produção de cerâmica em Campos dos Goytacazes sobre um processo corrosivo, pode-se notar que a maior parte das empresas dessa região utilizam planos de manutenção preventiva e corretiva em seus equipamentos, por considerá-los mais vantajosos economicamente. Perante a realidade nacional observada em diversas pesquisas indicam que a maior parte dos profissionais responsáveis pela análise e aplicação de melhorias nestas empresas não possuem tal formação especializada, o que acarreta algumas situações baixo grau de conhecimento e escassez de recursos para melhor aplicação das ferramentas de manutenção (LEHMKUHL, 2004).

Dentro do objetivo geral do estudo em classificar, especificar cada ponto que envolve a gestão da manutenção, pode-se entender a partir da manutenção preventiva, aquela à qual deve ser feita em um ciclo periódico de acordo com critérios previamente analisados e prescrito objetivando a diminuição de falhas; manutenção corretiva, esse feita somente após uma eventual falha ou dano que torne o equipamento inoperante, onde tem como função restabelecer a operação o mais breve possível; manutenção preditiva, a qual supervisiona amostras ou pontos centralizados para garantir uma melhor qualidade no sistema. Pose-se assim observar a aplicação dessas manutenções com planejamento e controle junto com as demais ferramentas como indicadores (MTTF: Tempo Médio para Falha; MTBF: Tempo Médio entre Falhas, DF: Disponibilidade Física) é possível identificar a melhora nos processos industriais e resultados mediante tais aplicações.

A partir da análise feita na Usina Sucroalcooleira me 162 equipamentos utilizando a manutenção preditiva, houve considerável redução em paradas para correção consequentemente houve redução nos custos. Quanto ao Terminal Marítimo da Ponta Madeira, mostrou-se necessário um planejamento para atender a condições essenciais: responsabilidades de cada setor; melhor comunicação; implantar cronograma de reuniões; gerenciamento de riscos; ordem de serviço no plano de manutenção; atualização da documentação técnica; relatório de intervenções.

Dados esses resultados, mostra-se a importância e necessidade de um bom planejamento e gestão da manutenção, sendo mostrado as consequências que podem acarretar a presença e ausência de sua implementação, trazendo uma maior confiabilidade para o sistema lidando com maior preparo e eficiência sobre as mais diversas condições adversas e variáveis que podem acontecer no ambiente industrial.

3. CONCLUSÃO

Analisando todos os estudos levantados no presente artigo, foram alcançados os objetivos definidos em entender, conceituar e classificar os diferentes tipos de manutenção para uma boa gestão da manutenção utilizando das aplicações corretivas, preventivas e preditivas aliadas aos indicadores como ferramentas de forma planejada e pensada de forma personalizada de acordo com cada demanda e exigência para cada tipo de serviço solicitado.

A pesquisa aqui realizada mostrou situações em que um plano de gestão da manutenção não estava sendo utilizado assim como empresas que se faziam usuárias dos planos de manutenção. Também, mostrou-se de forma simples algumas das principais definições de dos tipos de manutenção e suas implementações de forma coesa.

Utilizando-se do caso da Usina Sucroalcooleira como ilustração, através da análise

desse estudo a importância com base nos resultados apresentados a confirmação da utilização de um planejamento de manutenção bem estruturado a fim de maior eficácia na administração de recursos, preparo em lidar com as diferentes variáveis de situações no escopo do funcionamento dos equipamentos, estoques e nas interferências quando necessárias na produção. Tendo como aspectos positivos na eficiência, confiabilidade e custos de toda a operação apresentado nos números do estudo analisado.

Entendendo bem os conceitos e classificação dos tipos de manutenção e ferramentas complementares como os indicadores pode ser desenvolvido um bom plano de manutenção nas empresas contribuindo assim no alcance nas metas estratégicas, otimizando tempo, recursos, técnicas o que proporciona uma constante evolução na indústria, aumentando a qualidade em todas as áreas, pois a produção é o centro e foco da indústria como um todo, trazendo uma maior consolidação no mercado.

Vale ressaltar que o presente artigo indis põe do desejo de fechar o assunto proposto, imponto como definitivo as análises aqui vistas, já que assim como aconteceu nos últimos anos a uma rápida e constante evolução no que se diz respeito a manutenção industrial, onde há diversos pontos aqui não abordados além dos que ainda vão ser desenvolvidos num futuro e novas aplicações e pesquisas serão idealizadas, como a manutenção dentro do contexto da indústria 4.0 e internet das coisas, onde novas tecnologias acabam trazendo outros tipos de desafios para manter a indústria sempre em atividade de forma confiável com qualidade e sempre com a preocupação ambiental.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 5462**: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- CORREA, R. F.; DIAS, A. Modelagem matemática para otimização da periodicidade nos planos de manutenção preventiva. **Gest. Prod. São Carlos**, v. 23, n. 2, 2016.
- DANTAS, Igor dos Santos. **Importância e benefícios do planejamento de gestão de manutenção**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Mecânica – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB. 2019.
- GUIMARÃES, J.E. Escola Técnica Estadual República, **Coordenação Mecânica**. 2005.
- KARDEK, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Petrobrás, 2009.
- LEHMKUHL, W. A. **A análise numérica e experimental de um secador contínuo tipo túnel utilizado na indústria de cerâmica vermelha**. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- LIMA, W. d. C.; ARANTES, J.A.S. Manutenção preditiva: Caminho para a excelência e vantagem competitiva. **XIII, SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, v.6, 2008.
- ROSA, E. B. **Indicadores de Desempenho e sistema ABC: O uso de indicadores para uma gestão eficaz do custeio e das atividades de manutenção**; 2006. 509f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- SANTOS, M. J. M. F. d. **Gestão de manutenção do equipamento**. Portugal: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), 2009.
- SOUZA, José Barrozo de. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle de manutenção (PMC) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. 2008. 169f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

Engenharia da Produção



38

GESTÃO DA QUALIDADE: APLICAÇÃO DE SUAS FERRAMENTAS EM EMPRESAS DE PEQUENO PORTE

*QUALITY MANAGEMENT: APPLICATION OF ITS TOOLS IN
SMALL BUSINESSES*

Nelcilene de Jesus Neves Gusmão

Resumo

A gestão da qualidade relacionada às chamadas MPEs (Micro e Pequenas Empresas) tem sido discutida com grande intensidade nos últimos anos, uma vez que ambas têm papel fundamental para a economia do país, porém, ainda há um longo caminho a ser percorrido devido à falta de implantação da melhoria contínua aliada as ferramentas da qualidade. O objetivo do presente estudo foi entender e comprovar a importância das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA para melhoria da gestão da qualidade das MPEs. Para isso, foi realizada uma revisão bibliográfica em que foram consultados livros de obras nacionais e por artigos em bases de dados como SCIELO e Google Acadêmico publicados nos últimos 10 anos. Mediante os resultados obtidos foi possível verificar a fundamental importância da aplicação das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA para a solução de problemas e melhoria dos processos das MPEs. Tais ferramentas auxiliam na identificação e compreensão da razão de determinados problemas o que faz com que sejam geradas soluções capazes de eliminá-los e, dessa forma, gerar a otimização dos processos dentro da empresa. Para trabalhos futuros sugere-se que sejam avaliados outros processos e ferramentas da qualidade que estejam diretamente relacionados com a gestão da qualidade das MPEs e que possam auxiliar empreendedores a buscarem formas eficazes para solucionar problemas em suas empresas.

Palavras-chave: Gestão. Qualidade. Empresas. Ferramentas. PDCA.

Abstract

Quality management related to the so-called MSEs (Micro and Small Companies) has been discussed with great intensity in recent years, since both play a fundamental role in the country's economy, however, there is still a long way to go due to the lack of implementation of continuous improvement combined with quality tools. The objective of this study was to understand and prove the importance of quality tools and the PDCA cycle to improve the quality management of MSEs. For this, a bibliographic review was carried out in which books of national works were consulted and by articles in databases such as SCIELO and Google Scholar published in the last 10 years. Based on the results obtained, it was possible to verify the fundamental importance of applying quality tools and the PDCA cycle to solve problems and improve MSE processes. Such tools help in identifying and understanding the reason for certain problems, which causes solutions capable of eliminating them to be generated and, in this way, generate the optimization of processes within the company. For future work, it is suggested that other quality processes and tools be evaluated that are directly related to the quality management of MSEs and that can help entrepreneurs to seek effective ways to solve problems in their companies.

Keywords: Management. Quality. Companies. Tools. PDCA.

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como intuito demonstrar os impactos da gestão da qualidade com a implantação de suas ferramentas para aprimorar o desempenho produtivo nas empresas de pequeno porte, assim como a importância de iniciar a aplicação destas ferramentas para obter-se êxito no mercado de trabalho.

Com o intuito de contribuir para que as MPEs possam atingir seus objetivos diários originados pelo ato de empreender no Brasil, esta pesquisa busca auxiliar os empreendedores na gestão da qualidade, permitindo assim detectar as oportunidades de melhoria e alcançar com êxito os resultados que elas precisam.

Assim como a qualidade, o assunto relacionado a Pequenas Empresas tem sido discutido com grande intensidade nos últimos anos, pois ambos têm papel fundamental para economia do país, ainda há um longo caminho a ser percorrido devido à falta de implantação da melhoria contínua aliada as ferramentas da qualidade.

Sendo assim o principal objetivo neste trabalho foi entender e comprovar a importância das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA para melhoria da gestão da qualidade das MPEs, uma vez que este trabalho busca gerar efeitos positivos que atendam às necessidades dos empreendedores para que seus negócios sobrevivam no mercado competitivo. Analisando e compreendendo a relevância das ferramentas da qualidade, que apesar de simples demonstram-se de fundamental relevância, uma vez que são capazes de adaptar-se a qualquer configuração de negócios.

Portanto, descrever as principais estratégias de qualidade para manter-se no mercado, selecionar ferramentas mais viáveis para as pequenas empresas e ressaltar os principais resultados obtidos com a implantação dessas ferramentas e método PDCA favorecerá a compreensão sobre os impactos e relevância da implantação por meio de processos de melhoria contínua proporcionados nas pequenas empresas, através da qualidade.

O tipo de pesquisa elaborado neste trabalho, foi uma Revisão Bibliográfica, na qual foi realizada consultas a livros, através de obras nacionais de grandes nomes da gestão da qualidade, hoje conhecidos como “Gurus da Qualidade” e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (SCIELO, Google Acadêmico). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos.

2. GESTÃO DA QUALIDADE: CONCEITOS E ESTRATÉGIAS PARA MANTER-SE NO MERCADO

Aos longos dos anos, o conceito de qualidade tem passado por várias mudanças, e que a cada dia se torna mais presente no cotidiano.

Segundo Paladini (2019), com o passar do tempo tudo muda, existem várias alterações, seja ela na tecnologia ou em processos econômicos e até mesmo na política, por isso conceituar qualidade torna-se uma tarefa nada fácil, por estar em constante evolução. Mesmo assim, pode-se elencar algumas definições e conceitos da qualidade, segundo alguns autores, conhecidos como “Gurus” da qualidade. Juran e Gryna (1991), que definem “a qualidade como a adequação ao uso” Jenkins (1981) “Qualidade é o grau de ajuste de um produto à demanda que pretende satisfazer.” Nessas definições há várias denominações para a Gestão da Qualidade, entretanto todas voltadas no mesmo objetivo: o cliente.

Deming (1950), considerado o pai da qualidade total, define qualidade como: “sentir orgulho pelo trabalho bem-feito.” Buscando elevar a produtividade organizacional.

Para Camargo (2011) na Gestão, a qualidade representa oferecer aos clientes, produtos e serviços que possam atender suas necessidades e até mesmo superar as expectativas criadas por eles. Para isso é necessário que as empresas busquem a implantação de sistemas de Gestão da Qualidade, assim envolvendo todos os seus processos internos e externos da empresa, para proporcionar satisfação e bem-estar a todos os envolvidos da cadeia produtiva.

Conceituar a qualidade, é com certeza uma tarefa muito difícil e arriscada, na qual divide várias opiniões e discursões de grandes nomes renomados durante a história até aos dias atuais e por ser uma palavra tão popular gera uma grande diversidade de significados.

Em meios a vários conceitos, da Gestão da Qualidade, analisa-se que a qualidade se torna imprescindível para empresas de pequeno porte, não apenas como uma filosofia, mas como um meio estratégico para a sobrevivência no mercado atual.

Logo este breve resumo sobre qualidade, entende-se que na atualidade, esta gestão passa a ser vista além de uma filosofia, mas como um conjunto de técnica de gestão de processos, que visa a melhoria, através da identificação das falhas, analisa a melhor maneira de eliminar os problemas que geram desperdício. Abrange reduzir custos, aumentar a produtividade, valor ao produto ou serviço, como também o cumprimento de prazos estabelecidos ao cliente.

2.1 Estratégias para manter-se no mercado

A gestão da qualidade é um processo estratégico para as empresas, que buscam usar a melhoria contínua como sua principal arma estratégica para a consolidação da rentabilidade da empresa, independente do seu tamanho, tornando - se competitivas e consolidadas no mercado, já que um dos principal motivo de uma não fidelização de um cliente está diretamente relacionado a qualidade, seja ela de um serviço ou produto.

Segundo Paladini (2009), a gestão estratégica da qualidade requer que os objetivos e metas sejam orientados para os objetivos estratégicos do negócio. Requer também uma “abordagem sistêmica, com valores e princípios, liderança inovadora, satisfação dos clientes e desenvolvimento organizacional, além da melhoria contínua de seus processos, produtos, serviços e relacionamentos”.

A gestão da qualidade como estratégia competitiva parte do princípio de que a conquista e manutenção de mercados dependem do foco no cliente, para se identificarem requisitos e expectativas e oferecer valor ao mercado (CARPINETTI, 2010).

Para Camargo (2011), a estratégia aplicada da qualidade é mais uma ferramenta, que orientará, em busca da excelência, seja ela qual for o foco da atuação, pois o cumprimento de determinado objetivo requer disciplina, busca pelo conhecimento, condições adequadas ao que for realizar, dominar sempre a área de atuação, ser competitivo e qualificado.

Camargo (2011) também referência dez pontos importantes de uma estratégia da qualidade, que se aplicadas de forma correta, obterá resultados satisfatórios, seja em qual for o processo, conforme demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Dez pontos importantes de uma estratégia da qualidade

| Estratégia da Qualidade | |
|--------------------------------|---|
| 1. | Produzir e fornecer produtos e serviços que atendam plenamente as necessidades dos clientes; |
| 2. | Garantir a sobrevivência da organização com a obtenção de lucro contínuo e crescente através dos resultados das ações de qualidade; |
| 3. | Identificar e priorizar a solução dos problemas; |
| 4. | Tomar decisões racionais baseadas em dados e fatos; |
| 5. | Organização gerenciada por processos e não por resultados; |
| 6. | Prevenção das causas dos problemas na origem; evitar reincidência de problemas |
| 7. | Agrupar e focar nas causas principais, para resoluções ágeis e eficientes; |
| 8. | Respeito e motivação aos colaboradores (Recursos Humanos); |
| 9. | O cliente é o ator principal. Eliminar defeitos dos produtos e serviços é fundamental; |
| 10. | Estratégia da organização bem definida e a garantia da sua execução. |

Fonte: Camargo (2011)

Conforme exposto acima, existem dez pontos relacionados com a estratégia da qualidade e que são discutidos com detalhe abaixo:

1. Necessidades dos clientes - que significa a plena satisfação deste, em relação a inúmeros atributos.
2. Sobrevivência da organização - uma gestão de qualidade, em aplicada, representa a continuidade de uma organização, obtendo lucros e tornando-a rentável, desenvolvida e moderna.
3. Priorizar soluções - Dominar e identificar com antecedência os problemas e ordenar corretamente às soluções para estes, para que as ações sejam dinâmicas e eficientes.
4. Decisão racionais - Informações obtidas através de dados reais, sejam a base, para as tomadas de decisões em uma organização. Para que com essas informações quando processadas com agilidade torna o processo mais dinâmico, facilitando a cadeia produtiva e a competitividade.
5. Gerenciamento por processos - A gestão deve sempre dimensionar suas ações, baseada nos processos, que se aplicado corretamente facilita o desempenho e elimina desvios no negócio da organização.
6. Prevenção na origem - Eliminar as possibilidades de retrabalho é um aplicativo obrigatório, ações preventivas visam eliminar os erros nos processos, e englobam diretamente algumas providências essenciais.
7. Foco nas causas principais - Capacidade e habilidade de determinar as principais causas que possam gerar resultados insatisfatórios no processo.
8. Respeitar e motivar os funcionários - As pessoas são os elementos fundamentais para o bom desempenho da qualidade ao final dos processos.
9. Cliente: ator principal - Cliente, sempre será o protagonista, ou seja, a razão da existência da empresa.
10. Estratégia definida - As definições são setas orientadas em qualquer ambiente,

ou seja, identificar a posição atual e definir aonde quer chegar, utilizando procedimentos e ações que tenha a capacidade de conduzir até o destino que se deseja alcançar. Camargo (2011).

Carpinetti (2010) ainda analisa que a gestão estratégica da qualidade desempenha uma ação evolutiva da melhoria contínua e engloba as contribuições de diversos métodos definidos de acordo com as demandas, cultura e excelência gerencial da organização.

Uma vez que muitos donos de empresas de pequeno porte acabam tendo uma perspectiva falha sobre a implantação da norma ISO 9001, acreditam que por trata-se de um processo burocrático, as atividades das empresas podem ser arruinadas por possíveis paralisações. “O objetivo, portanto, é atestar que a empresa implementa as atividades de gestão da qualidade tidas como necessárias para atender os requisitos do cliente” (CARPINETTI, 2010, p. 24-25).

A ISO 9001 também é baseada na mentalidade de risco, que promove dentro da organização tomadas de ações para minimizar e controlar efeitos negativos, a partir da determinação de um fator de risco, atribuído ao desvio de processos.

Assim como o principal objetivo de uma ISO é a padronização de todos os processos dentro de uma organização, para promover boas práticas de gestão e dissipar conhecimentos, para a gestão da qualidade ISO 9000, a ISO 9001 (2015) esclarece que a decisão da adoção da gestão da qualidade é uma escolha estratégica, que pode ajudar a melhorar a eficácia. Portanto para a implantação de um sistema de qualidade, a empresa deve abordar todos os processos no desenvolvimento considerados essenciais para sua aplicação.

A ISO 9001 (2015) pontua um total de 8 princípios para a gestão da qualidade, sendo eles:

- Foco no cliente;
- Liderança;
- Engajamento das pessoas;
- Abordagem de processo;
- Melhoria;
- Tomada de decisão baseada em evidência;
- Gestão de relacionamento.

Encantar e fidelizar o cliente, significa oferecer produtos e serviços de excelência. Através desses princípios, percebe-se que a exigência de qualidade e eficiência é uma Característica do Comportamento Empreendedor (CCE) no qual torna-se essencial para ter um negócio bem-sucedido.

3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE E SUAS APLICAÇÕES

Mediante os estudos realizados por Ishikawa, um dos chamados “gurus da qualidade”, os métodos estatísticos devem ser o elo de conhecimento comum entre todos os elementos integrantes da empresa e que sem uma análise estatística (da qualidade e do processo) não se pode obter um controle efetivo (FERRAZ JÚNIOR; PICCHIANI; SARAIVA, 2015). Ainda em suas análises, Ishikawa concluiu que 95% dos problemas encontrados em uma organização podem ser solucionados com a aplicação direta de técnicas estatísticas elementares, de fácil entendimento e uso pelo colaborador comum da empresa e gestores naquilo que denominou “As sete ferramentas da qualidade” (FERRAZ JÚNIOR; PICCHIANI;

SARAIVA, 2015).

Daniel e Murback (2014) afirmam que essas ferramentas são vistas como meios capazes de levar através de seus dados a identificação e compreensão da razão dos problemas e, conseqüentemente, gerar soluções capazes de eliminá-los, buscando a otimização dos processos operacionais de uma empresa, uma vez que para serem tomadas ações pertinentes aos problemas ou potenciais problemas, é necessário que seja realizada uma análise dos dados e fatos que precedem ou influenciariam este problema.

Corroborando com isso, Silva (2022) discorre que essas ferramentas são utilizadas para definição, mensuração, análise e proposta de soluções aos problemas que interferem no desempenho e no resultado das empresas. Elas ajudam a estabelecer métodos mais elaborados de resolução baseados em fatos e dados, o que aumenta a taxa de sucesso dos planos de ação. Também para Oliveira e Duarte (2020) as ferramentas da qualidade auxiliam na melhoria dos processos.

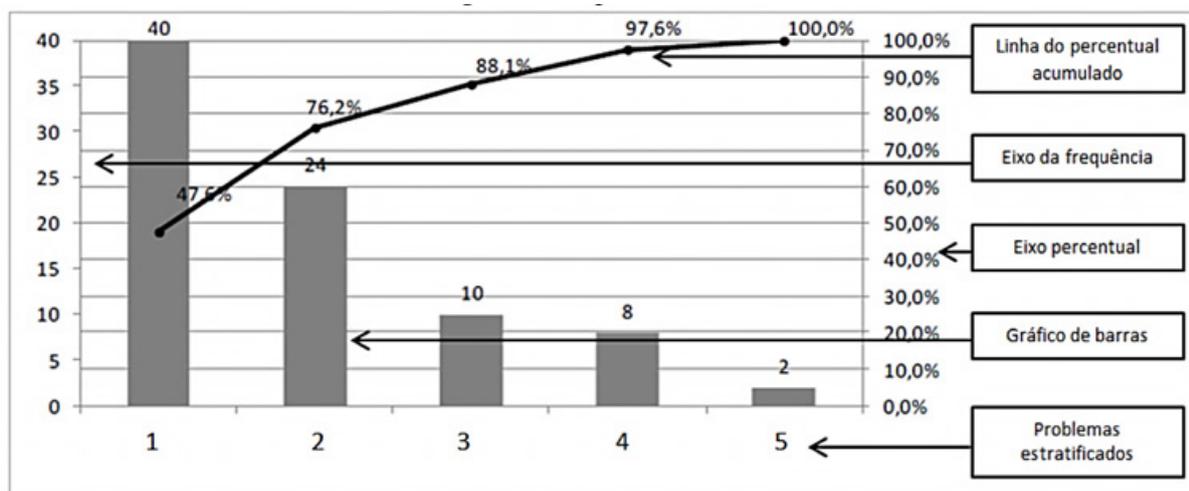
Segundo Oliveira e Duarte (2020) com o intuito que as PMEs alcancem um melhor desempenho, algumas das principais ferramentas da qualidade, podem ser implantadas e compreendidas de forma crucial para que alcancem um melhor desempenho e diferencial no mercado. As sete ferramentas da qualidade compreendem: 1) Diagrama de Pareto; 2) Diagrama de Causa e Efeito; 3) Folha de verificação; 4) Histograma; 5) Diagrama de dispersão; 6) Cartas de Controle e 7) Fluxograma.

De acordo com Côrrea e Oliveira (2017, p. 90) antes de iniciar a utilização das ferramentas da qualidade que contribuem para a análise das causas dos problemas, geralmente é utilizada a ferramenta *brainstorming*. Conhecida como tempestade de ideias, ela envolve pessoas que farão conhecer suas ideias tanto sobre as causas de algum problema quanto sobre soluções relacionadas a ele.

3.1 Diagrama de Pareto

O diagrama ou gráfico de Pareto trata-se de um gráfico de barras, construído a partir de um processo de coleta de dados (em geral, uma folha de verificação), podendo ser usado quando se deseja priorizar problemas ou causas relativas a um determinado assunto (PENEDO *et al.*, 2020).

Figura 1 – Diagrama de Pareto



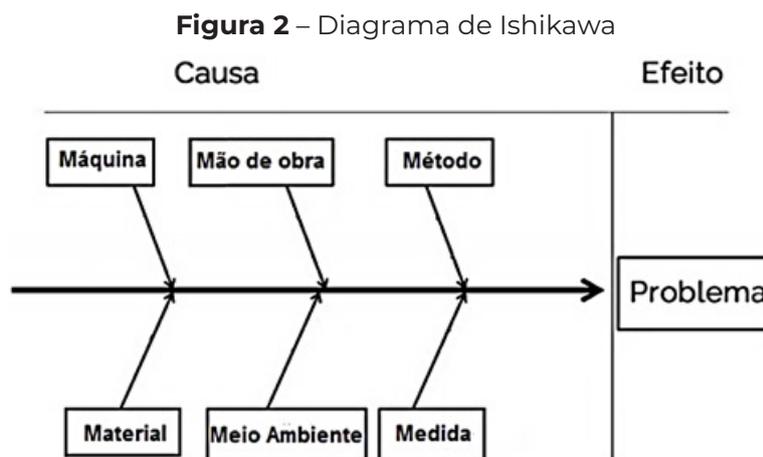
Fonte: Oliveira e Duarte (2020)

Segundo Oliveira e Duarte (2020) “o diagrama de Pareto é um gráfico de colunas conjugado com o percentual de ocorrências acumuladas, onde os valores são distribuídos em ordem decrescente”. Neste gráfico, indicam-se as diversas causas de um determinado problema (Figura 1). É conhecido como 80/20, ou seja, comumente 80% dos problemas decorrem de 20% das causas (OLIVEIRA; DUARTE, 2020).

Quanto ao estudo da qualidade, a análise de Pareto, só foi utilizada para solução dos problemas referentes a esta temática na década de 60 por Joseph Juran, e estabelece que a maior parte das perdas na produção e na qualidade é decorrente de poucos, mas vitais problemas. Neste sentido, a partir da identificação das causas vitais e por meio de um pequeno número de ações é possível eliminar a maioria dos problemas de uma empresa (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

3.2 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito (ou espinha de peixe) ou diagrama de Ishikawa (Figura 2) é uma técnica largamente utilizada que mostra a relação entre um efeito (problema) e as possíveis causas que podem estar contribuindo para que ele ocorra. Com a aparência de uma espinha de peixe, essa ferramenta foi originalmente proposta em 1943 e aplicada pela primeira vez em 1953 no Japão por Kaoru Ishikawa (COELHO; SILVA; MANIÇOBA, 2016; CORRÊA; OLIVEIRA, 2017).



Fonte: Corrêa e Oliveira (2017)

Mediante a observação da Figura 2, nota-se que esta ferramenta é estruturada de forma a ilustrar as várias causas que levam a um problema. Geralmente, este diagrama é utilizado após a análise de Pareto, após a escolha do problema mais importante. A construção desse diagrama é feita por um grupo de pessoas, partindo da descrição do problema e colocando-se ramificações indicativas de áreas gerais, onde poderiam estar as causas-raízes do problema (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

3.3 Folha de Verificação

A folha de verificação ou lista de verificação é considerada uma das mais simples e eficientes ferramentas para analisar o desenvolvimento de atividades ao longo de um processo (Figura 3) (OLIVEIRA; DUARTE, 2020). É uma ferramenta de registro de eventos e observações em tempo real permitindo que se constatem tendências. Trata-se de elemento básico para levantamento de dados a serem analisados num processo de acompanha-

mento ou de melhoria da qualidade (FERRAZ JÚNIOR; PICCHIANI; SARAIVA, 2015).

Figura 3 – Exemplo de Folha de Verificação

| EMPRESA | | |
|--|-----------------------|--|
| Folha de verificação | | |
| Produto: <u>XYZ</u> | | Estágio de fabricação: <u>Inspeção inicial</u> |
| Tipos de defeitos: <u>A, B, C, D, E</u> | | |
| Total inspecionado: <u>50 (cinquenta unidades)</u> | | |
| Inspetor: <u>Fulano de tal</u> | | Data: <u>xx/xx/xxxx</u> |
| Defeitos | Contagem | Total |
| A | XXXXXXXXXXXXXXXXX | 13 |
| B | XXXXXXXXXX | 9 |
| C | XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX | 18 |
| D | XXXXXXX | 7 |
| E | XXX | |

Fonte: Oliveira e Duarte (2020)

De acordo com Coelho; Silva e Maniçoba (2016) existem diversos tipos de listas de verificação, cada qual mais bem adaptada para as finalidades a que se destinam, porém, a ideia básica é sempre a mesma: agrupar os fatos em classes, conforme a Figura 3. Para ser usada com eficácia é importante ter-se compreensão clara do objetivo da coleta de dados e dos resultados que dela podem se originar.

3.4 Histograma

O Histograma é um gráfico de barras que mostra a distribuição de dados por categorias. Enquanto os gráficos de controle mostram o comportamento de uma variável ao longo do tempo, o histograma fornece uma fotografia variável num determinado instante. Além disso, as frequências são agrupadas estatisticamente na forma de classes, nas quais se observa a tendência central dos valores e sua variabilidade (PENEDO *et al.*, 2020).

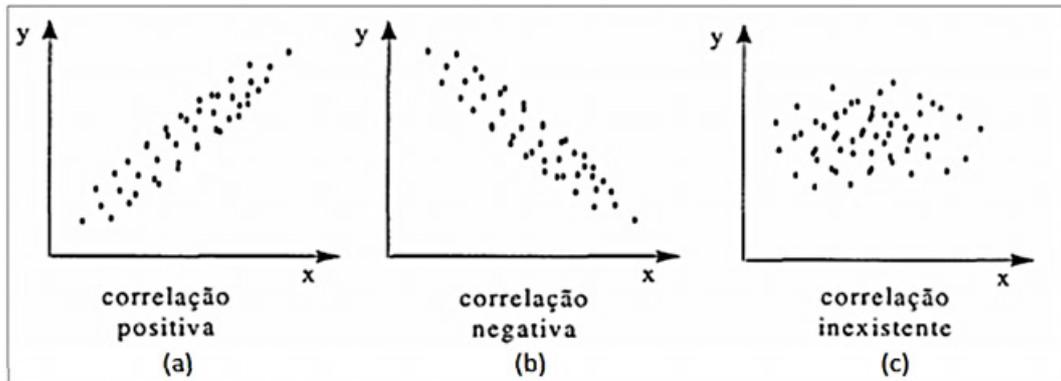
Segundo Daniel e Murback (2014), ao utilizar o histograma pode-se constatar algumas vantagens como a rápida visão da análise comparativa de uma sequência de dados históricos, elaboração rápida do gráfico ao fazer uso de um software como, por exemplo, o *Excel* e a facilitação da solução de problema quando este estiver em uma sequência de dados histórica. No entanto, ainda de acordo com estes autores, também é possível identificar desvantagens quando o gráfico fica ilegível devido a necessidade de comparar muitas sequências ao mesmo tempo, quanto maior tamanho de (n) maior será o custo da amostragem e teste, e para cada grupo de informação é necessário a confecção de diversos gráficos para se obter uma melhor compreensão dos dados dispostos no gráfico

Os histogramas e as listas de verificações reúnem informações essenciais para o controle de qualidade do produto. Tais dados irão gerar informações cruciais sobre conformidades ou não conformidades dos produtos ou serviços e irão traçar caminhos para planos de ações futuros (CORRÊA; OLIVEIRA, 2017).

3.5 Diagrama de Dispersão

O diagrama de dispersão é uma ferramenta gráfica que permite demonstrar a relação entre duas variáveis e quantificá-las, conforme a intensidade de cada uma (Figura 4). Visa avaliar se existe uma correlação entre duas variáveis de um problema (OLIVEIRA; DUARTE, 2020).

Figura 4 – Diagrama de Dispersão



Fonte: Oliveira e Duarte (2020)

Conforme observado na Figura 4, consegue-se também determinar a reta que melhor se ajusta aos pontos do diagrama de dispersão. Tal reta é chamada de regressão de Y sobre X ou linha de tendência. Ela serve para mostrar o relacionamento médio linear entre as duas variáveis. Com essa reta, acha-se a função que exhibe o “comportamento” da relação entre as duas variáveis (COELHO; SILVA; MANIÇOBA, 2016).

3.6 Cartas de Controle

Cartas de controle foram criadas por Walter A. Shewhart nos anos 20, dão uma visão gráfica do comportamento do processo ao longo do tempo e ainda são empregadas para determinar quando o processo está em controle. Este tipo de ferramenta possibilita uma atuação de forma preventiva, por meio da visualização de possíveis soluções para o problema, mantendo o produto sob controle; assim, impedem que o problema ocorra efetivamente (SANTOS; SILVA, 2019).

Segundo Santos e Casagrande (2021), a Carta de Controle começa a ser elaborada pela coleta de dados, depois que os dados são coletados, são organizados em ordem crescente ou decrescente, assim criando um gráfico para melhor análise, nesse gráfico contém linhas que determinam limite superior e inferior, evidentemente facilitando a tomada de decisão.

As cartas de controle são usadas para estudar como os processos mudaram ao longo do tempo. Além disso, ao comparar os dados atuais com os limites de controle históricos, pode-se levar à conclusão sobre se a variação do processo é consistente como estando sob controle ou imprevisível como fora do controle devido a ser afetada por causas especiais de variação (SANTOS; CASAGRANDE, 2021).

3.7 Fluxograma

Fluxograma é a representação gráfica das atividades que integram um determinado processo, sob a forma sequencial de passos, de modo analítico caracterizando as opera-

ções e os agentes executores. É utilizado para compreender a sequência e relações entre seus elementos. Possibilita a padronização e simplificação dos processos (MELO *et al.*, 2017). O fluxograma demonstrado na Figura 5 padroniza a ação para assar um pão.

De acordo com Daniel e Murback (2014) essa é uma excelente ferramenta para analisar o processo, já que permite a rápida compreensão das atividades que são desenvolvidas por todas as partes envolvidas. É uma ferramenta fundamental, tanto para o planejamento (elaboração do processo) como para o aperfeiçoamento (análise, crítica e alterações) do processo.

Ainda segundo Melo *et al.* (2017) suas aplicações são analisar e comparar os fluxos reais e ideais de processos para identificar oportunidades de melhorias. Além disso, permitir que a equipe obtenha um consenso sobre as etapas dos processos a serem examinadas e quais etapas podem impactar na performance do processo, além de servir como apoio de treinamento para entendimento do processo completo.

De modo geral, as ferramentas de qualidade são utilizadas por todos de uma organização e são úteis no estudo relacionado às etapas para se girar o PDCA (*Plan, Do, Check e Action*) (DANIEL; MURBACK, 2014).

4. Método PDCA

No contexto da gestão da qualidade, há métodos e ferramentas que permitem a identificação, a coordenação e execução de melhorias em processos de manufatura ou serviços. Dentre os métodos para resolução de problemas, o ciclo PDCA (sigla de *Plan, Do, Check e Act*, do português, Planejar, Fazer, Verificar e Agir) é um dos mais utilizados (PAKES *et al.*, 2022). Segundo Córrea O método PDCA nasceu no escopo da tecnologia TQC (*Total Quality Control*) como uma ferramenta que melhor representava o ciclo de gerenciamento de uma atividade (CÔRREA *et al.*, 2004).

Sousa e Loss (2020) descrevem este ciclo como uma metodologia para solução de oportunidades de melhoria, possibilitando que as diretrizes traçadas pelo planejamento estratégico sejam viabilizadas na empresa, sendo de extrema importância o engajamento de todos os colaboradores da organização com o método.

Este ciclo é ininterrupto e visa a melhoria contínua, pois, usando o que foi aprendido em uma aplicação do ciclo PDCA, pode-se começar outro ciclo, em uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente. Com isso, o último ponto sobre o ciclo PDCA se torna o mais importante, pois este assumirá um novo começo (SOUSA; LOSS, 2020).

Segundo Camargo (2011) com relação as etapas do Ciclo PDCA, deve-se considerar alguns pontos importantes que se destinam para a contribuição na sua aplicação correta e alcançar o melhor resultado no seu decorrer: Redação formal, Padrão, Prazos, Arquivo, Redação e Divulgação. Portanto, fica claro que é um ciclo flexível e que pode ser utilizado em qualquer ação ou processo relacionado à qualidade total.

4.1 Etapas do Ciclo PDCA

De acordo com Ruivo; Wermuth e Veiga (2022), o ciclo PDCA auxilia nas melhorias de maneira sistemática, prevenindo a recorrência de erros e estabelecendo padrões. Ainda de acordo com esses autores, este ciclo é organizado em quatro etapas distintas, conforme mostrado na Figura 6:

1. P (*Plan* - Planejar) - Consiste em estabelecer metas e a metodologia para alcançá-las;
2. D (*Do* - Fazer) - Etapa onde serão executadas as tarefas conforme foram estabelecidas na etapa anterior e coletar os dados para que sejam utilizados na etapa seguinte, sendo importante o treinamento dos envolvidos para a coleta de dados;
3. C (*Check* - Checar) - Etapa onde se compara o resultado alcançado com a meta planejada. É nessa etapa que serão identificadas quaisquer possibilidades de aperfeiçoamento e melhorias.
4. A (*Action* - Agir) - Ocorre a atuação corretiva, desempenhando papel no processo em função dos resultados obtidos. A fase pode ocorrer de duas formas: na adoção como padrão o plano proposto caso a meta tenha sido alcançada ou, agir sobre as causas do insucesso, caso o plano não tenha sido efetivo.

Figura 6 – Representação do Ciclo do PDCA



Fonte: Cunha (2013)

Qualidade e variabilidade são conceitos antagônicos, de modo que onde se tem muito de um, se terá pouco do outro, seja com relação a um produto ou processo. Com o uso do ciclo PDCA, a variabilidade e, desse modo, a má qualidade deve diminuir no decorrer do tempo de sua utilização, podendo ser verificado através de medidas estatísticas, como os gráficos de controle (RUIVO; WERMUTH; VEIGA, 2022).

4.2 Resultados Obtidos Com a Utilização do Método PDCA

As micro e pequenas empresas que adotam o ciclo PDCA, atribuem melhorias no processo em que emprega, fazendo com que o processo seja revisado passando por uma análise e identificação, sendo realizado um reajuste no processo para solucionar a falha e atribuindo para um processo de melhoria contínua onde a execução e a verificação seja constante. Com isso, o alcance de melhoria dentro da organização empregada terá redução de custos, viabilidade e controle devido aos dados obtidos na utilização do ciclo PDCA (CRUZ *et al.*, 2017).

Dentro do contexto de micro e pequenas empresas há muito o que fazer no tocante a planejamento e controle de produção, pois estão inseridas em um mesmo ambiente com-

petitivo todas as empresas, micro, pequenas, médias e grandes (GABILLAUD *et al.*, 2020).

Diante da necessidade de implantação de métodos gerenciais em organizações de médio porte, o trabalho desenvolvido por Gabillaud *et al.* (2020) visou expor a aplicação das ferramentas de qualidade e do ciclo PDCA como método de controle de processos em uma microempresa de Aracajú (SE) do setor de engenharia civil. Como principais resultados/conclusões desse estudo, comprovou-se que a adoção dessas ferramentas possibilita não só ganho em produtividade como em qualidade, implicando em obras menos onerosas, mais limpas e com menor possibilidade de erros a cada vez que o ciclo do PDCA é rodado na empresa. A empresa parceira pôde adotar sugestões de melhoria reconhecendo o ganho trazido com a mudança sugerida pela equipe de pesquisa.

Para Sousa e Loss (2022) a aplicação do método PDCA e das ferramentas da qualidade foram úteis para a redução de custos e perdas em uma distribuidora de *Hortifruti*. Os principais resultados obtidos em seus estudos foram a de que o principal motivo para a devolução do produto foi por qualidade, além disso, a principal causa para a ocorrência das devoluções por qualidade é a compra e o recebimento da matéria-prima com qualidade comprometida e o baixo giro de estoque dela. E, por último, o plano de ação proposto reduziu o percentual de devoluções por motivos de qualidade e perdas consequentes do anterior, com a melhoria do processo e uma equipe mais motivada e com nível de conhecimento mais elevado.

Em seus estudos, Pakes *et al.* (2022) objetivaram descrever a aplicação prática do PDCA e de ferramentas da qualidade, como forma de buscar melhorias em qualidade de produtos e processos dentro do setor de moldação de uma indústria têxtil localizada no interior do Estado de São Paulo. A aplicação contribuiu para que o principal problema diagnosticado no setor de moldação fosse reduzido, promovendo a melhoria da qualidade do produto, a redução de defeitos e, conseqüentemente, o aumento da produtividade e lucratividade de uma empresa produtora de componentes da moda íntima feminina.

Nos estudos realizados por Ruivo; Wermuth e Veiga (2022) foi objetivado aplicar o ciclo PDCA, em consonância com as ferramentas da qualidade em uma indústria processadora de frutas, com o objetivo de melhorar a qualidade do processamento. Através da aplicação do ciclo PDCA, criou-se uma estrutura de tomada de decisão para avaliação em função de redução dos custos do processo. Foi possível identificar a carência de treinamento dos operadores e a ausência de instruções de trabalho, gerando oportunidade de elaboração junto a engenharia responsável. Além disso, a partir da análise de variabilidade, propor melhorias na metodologia de coleta de dados para validação e aplicação em outras frutas processadas pela indústria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados obtidos neste estudo foi possível verificar a fundamental importância da aplicação das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA para a solução de problemas e melhoria dos processos das MPEs. Tais ferramentas auxiliam na identificação e compreensão da razão de determinados problemas o que faz com que sejam geradas soluções capazes de eliminá-los e, dessa forma, gerar a otimização dos processos dentro da empresa. O exemplo da empresa de Engenharia Civil que, através da utilização destas ferramentas, pôde ganhar aumento em sua produtividade como em qualidade, implicando em obras menos onerosas demonstra de forma clara a aplicação prática e bem-sucedida dessas ferramentas.



Outro ponto abordado foi compreender o conceito de gestão da qualidade e sua importância no mercado competitivo, sendo a qualidade um elemento fundamental para desenvolvimento da empresa, tornando o cliente o foco principal seja de um produto ou serviço, considerou-se dez pontos da qualidade, que se usados corretamente, a empresa alcançará resultados positivos, assim abordando esses processos para a implantação da ISO 9001, que além de promover boas práticas, o sistema de gestão irá atender aos critérios da norma.

Para trabalhos futuros sugere-se que sejam avaliados outros processos e ferramentas da qualidade que estejam diretamente relacionados com a gestão da qualidade das MPEs e que possam auxiliar empreendedores a buscarem formas eficazes para solucionar problemas em suas empresas.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001:2015. **Sistemas de gestão da qualidade – Requisitos**. 3 ed. SENAI-MT. ABNT, 2015.
- CAMARGO, Wellington. Controle de Qualidade Total. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2011.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas, 2012.
- COELHO, F. P. S.; SILVA, A. M.; MANIÇOBA, R. F. Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura. **Refas-Revista Fatec Zona Sul**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 31-45, 2016.
- CRUZ, Alisson Felipe *et al.* Ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de gestão em micro pequenas empresas. **Colloquium Exactarum**, São Paulo, v. 9, n.4, p. 25-32, 2017.
- CUNHA, Luís Fernando Peixoto. O método PDCA como ferramenta de melhoria contínua dos processos e suporte para a elaboração do planejamento estratégico das empresas. **Revista Uniabeu**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 14, p. 366-384, 2013.
- DANIEL, E. A.; MURBACK, F. G. R. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão & Conhecimento**, Minas Gerais, v. 8, n. 2014, p. 1-43, 2014.
- FERRAZ JÚNIOR, S.; PICCHIAI, D.; SARAIVA, N. I. M. Ferramentas aplicadas à qualidade: estudo comparativo entre a literatura e as práticas das micro e pequenas empresas (MPES). **Revista de Gestão e Projetos**, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 84-97, 2015.
- GABILLAUD, André Maciel Passos *et al.* Aplicação e análise do ciclo pdca na melhoria dos processos empresariais. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 2, n. 1, p. 475-478, 2020.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. R. Ferramentas básicas aplicadas à qualidade: Uma revisão bibliográfica. **Revista de Administração da Universidade Estadual de Goiás**, Goiás, v. 11, n. 2, p. 91-110, 2020.
- PAKES, Paulo Renato *et al.* Análise da aplicação das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA: estudo de caso em uma empresa do setor têxtil. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 812-827, 2022.
- PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2019.
- PENEDO, Lucas Soares *et al.* Utilização das ferramentas da qualidade nos processos de manutenção, visando o desperdício de tempo e a produtividade. **Revista Eletrônica TECCEN**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 16-24, 2020.
- RUIVO, A; WERMUTH, T. P.; VEIGA, I. G. Aplicação do método PDCA em uma indústria processadora de frutas. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, v. 8, n. 4, p. 119-131, 2022.
- SANTOS, D. F.; CASAGRANDE, D. J. FERRAMENTAS DA QUALIDADE COM ÊNFASE EM CARTA DE CONTROLE. **Revista Interface Tecnológica**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 784-795, 2021.
- SOUSA, R. S.; LOOS, M. J. Aplicação do Ciclo PDCA e Ferramentas da Qualidade na redução de Custos e Perdas em uma Distribuidora de *Hortifruti*. **Journal of Perspectives in Management-JPM**, Caruaru, v. 4, p. 68-83, 2020.

39

METODOLOGIAS E FERRAMENTAS DE GESTÃO DE PROJETOS NA COMPETIÇÃO SAE BRASIL AERODESING

*METHODOLOGIES AND TOOLS FOR MANAGEMENT OF
PROJECTS IN THE SAE BRASIL AERODESING COMPETITION*

Liciane Soares Melo

Resumo

A Competição SAE AeroDesign ocorre nos Estados Unidos desde 1986. No Brasil a competição ocorre desde 1999 constando no calendário de Programas Estudantis da SAE BRASIL. Nesta competição os estudantes de engenharia são desafiados a construir uma aeronave radio controlada com carga paga e a qualidade do projeto posta à prova. O gerenciamento do projeto é uma das tarefas fundamentais das equipes participantes. Este trabalho apresenta os conceitos e as melhores práticas relacionadas ao gerenciamento, e discute a relação entre a competição da SAE e o gerenciamento de projetos das equipes, analisando as ferramentas e metodologias de gestão de projetos, apresentando a melhor utilização das ferramentas e metodologias no projeto de AeroDesign. Os resultados se mostraram relevantes e úteis validando seu uso na competição.

Palavras-chave: Metodologias, KAMBAN, SCRUM, 5W2H.

Abstract

The SAE AeroDesign Competition takes place in the United States since 1986. In Brazil the competition takes place since 1999, appearing in the SAE BRASIL Student Programs calendar. In this competition engineering students are challenged to build a radio controlled aircraft with payload and the quality of the project put to the test. Project management is one of the fundamental tasks of the participating teams. This paper presents the concepts and best practices related to project management, and discusses the relationship between SAE competition and team project management, analyzing project management tools and methodologies, presenting the best use of tools and methodologies in the aerodesign project project. The results are valued and valuable validating their use in competition.

Keywords: methodologies, KAMBAN, SCRUM, 5W2H

1. INTRODUÇÃO

A competição da SAE é um desafio que exige muito dos estudantes a capacidade de gerenciamento de projetos, o grupo necessita dispor de uma série de habilidades para que o projeto alcance um planejamento e uma execução com excelência. Diante disso, a aplicação dos conceitos de gestão são fundamentais para o sucesso da equipe.

Esta competição pode ser considerada como um treinamento extremamente realista para o profissional de engenharia, no entanto, a maioria dos tradicionais cursos de Engenharia não englobam disciplinas em sua grade obrigatória capazes de formar estudantes que dispõe de competências para atuar na área de planejamento e gestão de projetos.

Tem-se como objetivo deste trabalho definir melhorias no gerenciamento da equipe utilizando-se de ferramentas e metodologias ágeis de gestão de projetos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O método escolhido foi uma revisão de literatura, foram utilizados livros com o fim de se aprofundar no assunto escolhido permitindo conhecer o que os principais autores que estudam a temática têm a dizer sobre o assunto, trabalhos científicos e repositórios digitais também foram utilizados. O período dos artigos e livros pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos, os principais autores que contribuíram com o trabalho.

2.2 Resultados e Discussão

2.3.1 Conceitos Gerais de Gerenciamento de Projeto

Diante do grande volume de projetos criados e desenvolvidos pelas empresas mesmo com um bom planejamento e um pessoal capacitado, com funções bem delimitadas, certos aspectos escapam do controle, para controlar as atividades necessárias e alcançar os resultados desejados o gerenciamento é essencial.

Segundo Menezes (2009) poder contar com instrumentos que aumentam o poder de discernimento sobre o escopo do projeto e ao mesmo tempo permite orientar melhor os trabalhos são muito importantes em um projeto. Para Vargas (2005) em uma perspectiva geral o gerenciamento de projetos é um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem que a empresa desenvolva um conjunto de habilidades destinadas ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexo, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados. O mesmo autor define projeto como um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência lógica de eventos destinados a atingir um objetivo. Mendes (2015) em uma abordagem diferente define de maneira breve o gerenciamento de projeto como atender as expectativas (explícitas e implícitas) das diversas partes interessadas em particular. Em uma perspectiva de planejamentos André Bittencourt do Valle et al. (2015, p.1), define os projetos como instrumentos táticos da execução de ações estratégica salientando ainda que o sucesso do planejamento estratégico está vinculado ao projeto e afirma que o gerenciamento ocorre por meio de processos que se sobrepõe e interagem de diferentes maneiras garantindo o fluxo do mesmo ao longo de sua existência, sendo formados por um conjunto de atividades logicamente inter-relacionadas.



De uma perspectiva gerencial, é possível aparecer diferentes problemas ocasionados por várias causas em um projeto. A partir do momento que o gestor começa a gerenciar, consegue visualizar os problemas e os erros antes que se tornem problemas maiores, atingindo assim o sucesso do projeto. O gerenciamento, portanto, é crucial para que um projeto obtenha sucesso. Neste contexto, Menezes (2009) aponta os principais problemas que afetam os projetos, sendo alguns deles:

- Falta de foco, metodologia
- Dificuldade em uma padronização que poderia auxiliar a condução dos projetos pelo fato de nem todos os projetos apresentarem os mesmos requisitos
- Pequena compreensão sobre o gerenciamento de projetos dificultando sua condução
- Grande dependência de terceiros e agentes externos com a experiência do gerenciamento de projetos.

O autor mais a frente também destaca que características como capacitação técnica, desempenho e administração, quando somadas, podem ser muito úteis para os projetos; mas isoladas podem não atender à totalidade das exigências do projeto. Menezes (2009) também afirma que saber escolher a equipe de um projeto e fazer com que ela possa trabalhar de maneira correta – distribuindo bem a carga e o conhecimento – é muito importante.

2.3.2 Competição Sae Brasil AeroDesign

De acordo com o site oficial da SAE BRASIL na Competição SAE BRASIL AeroDesign os alunos participantes da competição devem formar equipes representativas do instituto de Ensino Superior ao qual estão vinculados. Essas equipes enfrentam novas regras a cada ano com base nos desafios da vida real que o setor de aviação enfrenta, como otimização multidisciplinar para atender a requisitos conflitantes. Diminuição de peso através da otimização estrutural instrumento de medição e testar protótipos de voo etc. A Competição SAE BRASIL AeroDesign é composta por três categorias distintas: Regular, Advanced e Micro, cada uma com pré-requisitos distintos. A avaliação e categorização das equipas é realizada em duas fases: o concurso de design e o concurso de voo.

De acordo com Miranda (2014) a competição oferece uma oportunidade única a estudantes universitários desenvolverem um projeto aeronáutico em todas suas etapas, desde a concepção, passando pelo congêneres. O autor também destaca o gerenciamento do projeto como uma das tarefas fundamentais da equipe. Neste contexto, entram em cena as ferramentas e metodologias de gestão de projeto como uma forma de auxiliar a equipe na administração e alcance de sucesso de seu projeto. Nesse contexto, Menezes (2009) nos lembra que é comum encontrarmos projetos sem planejamento. O autor destaca que saber conduzir as atividades previstas no plano de um projeto e montar um sistema de controle que seja compatível com a dimensão e as urgências do projeto é fundamental e papéis e responsabilidades distintos devem ser assumidos para que seja possível a conclusão satisfatória de funções essenciais de execuções e controle.

Na questão da competência de planejamento, o autor conclui que a criação de condições para gerenciar um projeto passa pela identificação de suas datas de início e término, bem como análise da criticidade na distribuição de recursos.

A SAE BRASIL aconselha os universitários participarem da competição para aprender

e experimentar os principais princípios da aviação, bem como desenvolver competências como trabalho em equipe, pesquisar, planejar e trabalhar para atingir objetivos necessários para o desenvolvimento do projeto escolhido.

2.3.3 Ferramentas: Kamban, Scrum e 5w2h no Gerenciamento de Projetos

Segundo MASSARI (2018) a principal finalidade do KANBAN é gerenciar o fluxo de trabalho. E os 5 princípios do KANBAN são:

- Fluxo do trabalho deve ser visível
- Limitar WIP (*Work in progress*)
- Gerenciar o fluxo, para identificar problemas e melhorias
- Garantir clareza nas políticas do processo.

No contexto do gerenciamento de projetos se mostra uma excelente ferramenta de gestão de tarefas como aponta o Project Management Institute:

“Um quadro de tarefas é uma representação visual do trabalho planejado que permite a todos visualizarem o status das tarefas [...] Projetos baseados em fluxo, como aqueles que usam quadros Kanban, podem usar esses gráficos para limitar a quantidade de trabalho em andamento” (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2021, p.222).

O Kanban é uma ótima ferramenta que permite ao gestor saber como seu trabalho está fluindo e o da equipe, dar e receber feedbacks, otimizando o fluxo de trabalho.

De acordo com Sutherland (2014) o Scrum tem raízes japonesas tanto no pensamento quanto na prática, no seguimento de uma famosa filosofia Shu-Ha-Ri.

Segundo a analogia do autor no estado Shu você conhece todas as regras e formas, no estado Ha, uma vez que você as dominou você pode inovar e no estado Ri você é capaz de deixar as formas de lado. Você realmente domina a prática e é capaz e pode ser criativo de uma forma desimpedida. Analogicamente, segundo o autor, assim é o SCRUM. Ele requer treino e atenção, mas também um esforço contínuo para se chegar a um novo estado. Massari (2018) Define Scrum como um framework ágil baseado em entregas incrementais e processo empírico. O projetista adquire mais conhecimentos e detalhes de seu projeto conforme vai o executando. Segundo o autor o SCRUM é sustentado por três pilares:

- Transparência
- Inspeção
- Adaptação

Os membros dos projetos são definidos com papéis os quais são: Equipe de desenvolvimento que são as pessoas que trabalham no desenvolvimento do produto, *Product Owner* que é a pessoa que elabora a visão do produto e gerência o backlog do produto. E por há o Scrum Master que é o líder da equipe e do projeto.

A ferramenta 5W2H nasceu na indústria automobilística japonesa durante a condução de estudos sobre qualidade. funciona como uma espécie de checklist composto por sete perguntas específicas e que tem as iniciais de suas palavras-chave (em inglês).

Segundo Daychoum (2013) A terminologia 5W2H tem origem nos termos da língua inglesa *What, Who, Why, Where, When, How, How Much/How Many*. Esta ferramenta pode ser aplicada em várias áreas de conhecimento, servindo como base de planejamento. En-

tretanto, Kanagawa destaca apenas 4 perguntas que compõem o 5W2H, são elas: Escopo (*what*), prazo (*when*), custo (*how much*) e responsável (*who*).

Veras (2016) Explica que a ferramenta pode ser usada em um projeto como um checklist de determinadas atividades que precisam ser desenvolvidas com o máximo de clareza possível por parte dos colaboradores em um projeto.

3. CONCLUSÃO

O material encontrado nesta pesquisa mostrou que as ferramentas e metodologias buscadas são de grande auxílio no gerenciamento do projeto tornando possível implantar os conceitos e ferramentas com sucesso. A implementação de ferramentas e métodos no projeto traduziu-se como um aprendizado fundamental. Servindo de auxílio para as futuras equipes no planejamento e gerenciamento de seus projetos aeronáuticos, trazendo uma base científica para as áreas estratégicas da equipe o que vai de acordo com o objetivo da SAE AeroDesign que é propiciar a difusão e o intercâmbio de técnicas e conhecimentos

Referências

- ANDERSON JR, John D. **Fundamentos de engenharia aeronáutica**. AMGH Editora, 2015.
- DAYCHOUM, M. 40+10 **Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. [s.l.] Brasport, 2013.
- MASSARI, V. L. **Gerenciamento Ágil de Projetos** 2a edição. 2o edição ed. [s.l.] BRASPORT, 2018.
- MENDES, J. R. B. **Gerenciamento de projetos**. [s.l.] Editora FGV, 2015.
- SUTHERLAND, J.; SUTHERLAND, J. J. Scrum: **A arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo**. [s.l.] Sextante, 2019
- SAE BRASIL AEROODESIGN. **saebrasil**, 2022. Disponível em: <<https://saebrasil.org.br/programas-estudantis/aero-design-sae-brasil/>>. Acesso em: 2 nov. 2022.
- VARGAS, R. V. **Gerenciamento de Projetos** (6a edição). [s.l.] Brasport, 2005
- VERAS, Manoel. **Gestão dinâmica de projetos: LifeCycleCanvas®**. Brasport, 2016.

40

GESTÃO DA PRODUÇÃO: OS DESAFIOS PROPOSTOS PELO MERCADO

*PRODUCTION MANAGEMENT: THE CHALLENGES
PROPOSED BY THE MARKET*

Izaiane Lopes Martins

Regina Kelly Baima Da Silva

Resumo

A gestão de produção tem como foco controlar e fiscalizar todas as questões que envolvem os materiais que são utilizados dentro das atividades da empresa. Essa gestão visa inspecionar os produtos que estão sendo adquiridos e distribuídos, assim como o processo de reaproveitamento da matéria-prima. Costuma-se dizer que essa gestão serve como uma unidade de apoio para os setores de estoque e produção, visando aperfeiçoar os investimentos em estoque das empresas. O controle de gestão de materiais em uma empresa significa bem mais do que somente lucrar, a possibilidade de criar uma vantagem competitiva utilizando esse recurso é bem alta. Um dos fatores que é bastante relevante para o investimento nesse controle é o bom atendimento ao cliente, que possui um papel importante para a realização do empreendimento. O objetivo geral buscou analisar a importância da gestão da produção, visando entender seu funcionamento e viabilidades, no intuito de que seja possível demonstrar sua importância na execução de todas as ações. A metodologia desta pesquisa caracteriza-se em pesquisa qualitativa. Sobre os procedimentos técnicos, a pesquisa tratará de uma pesquisa de caráter bibliográfico exploratória, tendo em vista que será elaborada fundamentada de material já publicado e será aprofundado um assunto estudado. A pesquisa foi realizada em artigos e trabalhos que tenham relação com o tema proposto. Conclui-se, portanto que a gestão de materiais é um dos fatores mais determinantes para o processo de desenvolvimento empresarial, além de garantir o progresso diante do mercado competitivo, aumenta as chances de sobrevivência da empresa.

Palavras-chave: Gestão de Produção. Produção. Estratégias de Produção. Organizações. Desempenho da Produção.

Abstract

Materials management focuses on controlling and inspecting all issues involving the materials that are used within the company's activities. This management aims to inspect the products that are being purchased and distributed, as well as the process of reusing the raw material. It is customary to say that this management serves as a support unit for the inventory and production sectors, aiming to optimize investments in companies' inventory. The control of materials management in a company means much more than just profit, the possibility of creating a competitive advantage using this resource is very high. One of the factors that is very relevant to the investment in this control is good customer service, which plays an important role in the realization of the project. The general objective sought to analyze the importance of production management, in order to understand its functioning and viability, in order to be able to demonstrate its importance in the execution of all actions. The methodology of this research is characterized by qualitative research. About the technical procedures, the research will deal with an exploratory bibliographic research, considering that it will be elaborated based on material already published and a studied subject will be deepened. The research was carried out on articles and papers related to the proposed theme. We conclude, therefore, that material management is one of the most determining factors for the business development process, in addition to ensuring progress in the competitive market, it increases the company's chances of survival.

Keywords: Production management. Production. Production Strategies. Organizations. Production Performance.

1. INTRODUÇÃO

Como o processo de globalização é um fenômeno social, tecnológico e econômico que vem nos últimos anos ocorrendo de maneira rápida, às organizações necessitaram alinhar a forma produtiva e se adequarem ao cenário atual. Isso ocorreu por conta da constante concorrência no mercado, que se tornou até impiedosa em relação às exigências dos consumidores.

A utilização da Gestão de Produção é parte essencial, pois será ela que irá diagnosticar o resultado de todos os esforços desenvolvidos pela organização, refletindo inteiramente em todos os resultados obtidos. Dentro desse contexto, é que se busca analisar a melhor forma da aplicação dessa ferramenta é fundamental para o sucesso empresarial, pois criar todo um ambiente, que visa não apenas produzir por produzir, mas sim, instituir políticas de produção que programem a todo o momento a melhora na produção e prestação de serviço.

O mundo empresarial vem a todo o momento se transformando, novas formas de trabalho são empregadas, novos processos são instituídos, leis e regras são refeitas, todas com um único intuito, transformar as formas de produção e assim implementando e transformando constantemente todos os processos aplicados. Tomando por base tal fato, surge o seguinte questionamento: Com as constantes mudanças no mundo empresarial, como a gestão da produção pode contribuir para o sucesso das organizações?

O objetivo geral buscou analisar a importância da Gestão da Produção, visando entender seu funcionamento e viabilidades, no intuito de que seja possível demonstrar sua importância na execução de todas as ações. Já os objetivos específicos buscam: conceituar a gestão da produção, compreender a importância das estratégias de produção para as organizações e identificar como funcionam as avaliações e as medidas de desempenho para o processo produtivo baseando-se na gestão de produção.

Este trabalho de pesquisa foi um estudo qualitativo e descritivo, baseado em literaturas já existentes. Como fontes dessa revisão bibliográfica foram pesquisados artigos publicados na íntegra entre os anos de 2001 e 2019, sobre a referida temática. A busca será através das plataformas virtuais de pesquisa, destacando-se “Google acadêmico”, “LILACS” e “SCIELO”. A procura nos bancos de dados foram realizadas utilizando os seguintes descritores: “Gestão de Produção”, “Produção”, “Estratégias de Produção”, “Organizações” e “Desempenho da Produção”.

2. GESTÃO DE PRODUÇÃO

As empresas são vistas, como organizações sociais constituídas por pessoas que trabalham de forma conjunta, no intuito de que se reúnam recursos todos voltados a atingir objetivos pré-estabelecidos, que ditaram assim, todo contexto ao redor da mesma.

A Gestão de Produção é definida como um conjunto de políticas que sustentam a dinâmica da posição competitiva de uma empresa, tendo como base os aspectos de desempenho e as programações para as mais diferentes áreas que influenciam no processo das decisões da produção. Esse sistema de produção onde os insumos são feitos de forma combinada para que se tenha uma saída, todo o processo de produção refere-se ao maior ou menor bom emprego dos recursos desse processo. É nesse sentido que se tem um crescimento da produtividade que é aplicada para a obtenção de um melhor provei-



tamento do maquinário, dos funcionários e da matéria-prima (LOPES; LIMA, 2008).

O processo produtivo e toda forma de gestão assim adotada será fundamental dentro das organizações, pois assim serão estabelecidas estratégias, planos de ação e assim, toda uma estrutura de gestão que relacione as necessidades empresariais a todo processo produtivo adotado. O sistema de informação contábil, por exemplo, é assim parte essencial, pois ela será o resultado de todos os esforços desenvolvidos pela organização, refletindo diretamente em todos os resultados obtidos (PEINADO; GRAEML, 2007).

Segundo Martins e Laugeni (2000), as atividades que são desenvolvidas por uma empresa devem visar atender todos os seus objetivos, sejam eles de curto, longo ou médio prazo devem se relacionar de forma complexa. Diante disso, essas atividades podem transformara as matérias-primas em produtos ou serviços acabados, já a demanda de recursos deve agregar os valores até o produto ser finalizado. Todo esse processo faz parte da administração da produção empresarial, essas atividades são fundamentais para que organização atinja seus objetivos (MOREIRA, 2012).

Nesse contexto, as formas de gestão da produção surgem como ferramentas no sucesso empresarial, pois criaram todo um ambiente, que vise não apenas produzir por produzir, mas sim, instituir políticas de produção que implementem a todo o momento todas as ferramentas aplicadas. É importante que se lembre que o processo de produção depende das mais variadas ferramentas e políticas o que dependerá diretamente da organização e das necessidades dispostas, o que ditará o sucesso ou não das ações (ALVAREZ, 2001).

É dentro dessa perspectiva que se encaixa o processo de gestão de produção e operações, onde as áreas que pertencem ao ambiente organizacional, envolvendo os gestores, supervisores, diretores e toda a parte de funcionários da empresa. Esse processo possui alguns resultados ao atendimento dos clientes. É essa responsabilidade que toda equipe de administração deve ter para que se obtenha êxito nas questões relacionadas ao processo de desempenho específico que envolvem os mais diferentes setores (PEINADO; GRAEML, 2007).

Assim pode se configurar, um ambiente empresarial em que a gestão de todos os processos tendo como ponto de partida a produção. Assim se torna fundamental no desenvolvimento de ações e assim constante implementação de todos os processos, tendo assim um único foco, o sucesso na gestão de produção (GAITHER, 2011).

O desafio atual é conciliar o processo produtivo cada vez mais mutável e influenciável pelo mercado às formas de gestão cada vez mais dinâmicas e flexíveis, buscando fazer das mesmas, duas partes que se completem e assim tragam efetividade a todos os processos executados. Torna-se necessário a instituição de processos e meios que façam da gestão de produção, uma ferramenta cada vez mais ampla e aplicável em todo contexto organizacional, criando assim, meios que tornem dela parte de todos os processos (TUBINO, 2007).

Tendo isso em vista, o assunto trabalhado “Gestão da Produção: Como obter sucesso”, no contexto atual torna-se de fundamental papel, visto que, busca compreender todo ambiente em torno da gestão da produção, instituindo ferramentas e políticas de ação, todas aplicáveis na implementação e melhoria de todos os processos produtivos, instituindo assim, ferramentas que revolucionem todos os processos aplicados (VIANA, 2009).

A gestão da produção é o processo de transformar todos os insumos utilizados e as mais variadas ferramentas, no intuito de que se crie todo um ambiente propicio a sua integração, tendo como foco, a instituição de ações administrativas na criação e desenvolvimento do produto.

Dentro do contexto a Gestão da Produção, torna-se imprescindível a ação de qua-

tro fatores centrais, que são: a natureza, capital, trabalho e por fim a empresa. Todos irão assim, influenciar na constituição do produto, pois enquanto a natureza fornece os insumos necessários, o capital fornece o dinheiro a ser utilizado, o trabalho será realizado pela mão-de-obra que transforma, criando assim, toda uma estrutura de produção, tendo na empresa a matriz de todas as ações (MARQUES, 2012).

Com a crescente de todos os processos e a constante mudança e evolução de todas as ações hoje desenvolvidas, tal forma de gestão torna-se essencial, visto que, procura-se ver a instituição como um todo no processo produtivo, instituindo métodos de ação que sempre visem integrar e assim, fazer com que todos interajam direta ou indiretamente de tudo que se busca desenvolver (ARAÚJO, 2009).

Na era da informação o desenvolvimento de uma gestão da produção cada vez mais dinâmica, proativa e interligada em tudo que se passa ao seu redor é fundamental, pois assim, busca-se implementar e constantemente se aprimorar todos os processos aplicados, tendo no conhecimento, habilidade e competência três fatores centrais (ALVAREZ, 2001).

De acordo com Moreira (2012), é importante lembrar, que a gestão da produção surge como uma forma de se planejar, coordenar e controlar todos os insumos e recursos utilizados pelas organizações em seu processo produtivo, sendo assim, responsável pela empresa como um todo, indo desde a gestão de pessoas, equipamentos, tecnologia, entre outros fatores, todos influenciadores na constituição e obtenção dos bens e serviços produzidos.

Dessa forma, a mesma pode ser tratada como uma ferramenta estratégica, buscando compreender toda sua estrutura seja física ou de pessoal e assim, aplicar políticas e métodos de ação em todo processo produtivo, tendo no sucesso o foco de tudo que se é aplicado.

A produção não apenas hoje com o advento de novas tecnologias e um mercado cada vez mais implacável por resultados, mas também anteriormente, sempre foi visto como fator preponderante para o sucesso ou insucesso de toda e qualquer organização, visto que, possui influência direta sobre os resultados obtidos. A gestão de operações ou gestão da produção passa a ter papel de destaque dentro do contexto organizacional, isto, pois, tem função imprescindível no sucesso de tudo que se é desenvolvido, tornando assim, viável os objetivos de produção, criando todo um ciclo organizacional reunindo mão-de-obra, insumos e recursos, todos voltados ao sucesso no processo produtivo (BARALDI, 2005).

A produção passa a ser tratada como o centro de todas as ações empresariais, que buscarão analisar todo meio e assim sempre implementar os processos aplicados. Dentro do contexto de mercado hoje encontrado, para qualquer organização que vise ser bem-sucedida a longo prazo a contribuição de sua produção é vital, pois assim são estabelecidos os passos e fases a serem enfrentados (PEINADO; GRAEML, 2007).

Partindo desse ponto, os objetivos dentro do processo de produção são fundamentais, pois cria estratégias de ação e principalmente meios que tornem a produção cada vez mais parte da organização. Tornam-se fundamentais alguns objetivos de desempenho amplamente aplicáveis nos processos produtivos.

É fundamental que se atinja a satisfação do cliente, pois a qualidade em todo o sistema de produção é fundamental, instituindo métodos cada vez mais corretos e pautados em políticas de produção cada vez mais amplas. Todos com grande amplitude dentro da organização, refletindo em todo contexto interno e externo, trazendo assim mais qualidade, rapidez, confiabilidade e flexibilidade a todos os processos, surgido como uma ação de produção (VIANA, 2009).

Nesse contexto a gestão de produção busca atuar nas demais áreas da empresa, isso



porque atua para alcançar os principais objetivos voltados para o processo produtivo. É necessários destacar que a gestão de produção atua como um planejamento, que controla, analisa e faz a previsão de eventuais acontecimentos que possam vir a surgir.

3. A ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

Quando se remete a estratégia de produção logo se atribui ao trabalho de Oliveira (2007), onde o mesmo notou a demanda da produção na competitividade industrial. Em sua tese, Skinner procurou esclarecer os pretextos os quais faziam as indústrias perder competitividade. Sua ideia chave era relatar que o tratamento utilizado ao campo produtivo estava excessivamente reativo e operacional.

Logo, produção necessitaria de uma medida estratégica. Segundo os argumentos de Oliveira (2007), as organizações cada uma a sua maneira mostra suas forças e fraquezas, podendo competir de diversas formas. Parecido, os sistemas da produção possuem atributos operacionais particulares e não padronizadas, contudo, o intuito da produção é colocar em prática um sistema, que por meio de uma vasta relação e tomadas de decisões internas, se discuta a preferência referente à competitividade.

De acordo com o contexto, o autor com convicção diz que as organizações levadas por uma produção ineficiente podem ser prejudicada não sabendo fazer a análise correta da produção à estratégia competitiva. Sendo assim a função da produção dentro da organização seria um “golpe de mestre competitivo”, almejando transformar a produção em uma riqueza de recurso estratégico (PEINADO; GRAEML, 2007).

Considera-se como um plano de ação, cuja qual em sua estrutura inclui recursos, atividades, alvos, e as determinações precisas para se consolidar a estratégia global de uma organização. Vale ressaltar que essas estratégias serão determinantes ao processo do sistema de produção, à qual deverá estar de combinação com as metas de desempenho eleitas. Fora o que já foi dito, a estratégia de produção pode atuar em outras áreas de negociação cujas mesmas contribuem para a sua parte.

Segundo Slack et al. (2009, p.59), a estratégia de produção se refere à padronizadas decisões e atos estratégicos que determina o papel, os objetivos e as atividades da produção. A estratégia da produção dispõe de tomada de decisões e ações particulares, está ligada diretamente com a produção, de modo a definir objetivamente como, quando e onde produzir, almejando sempre o ganho tendo otimismo no campo de produção de uma organização.

Na estratégia de produção há várias aparências na economia, no meio ambiental e social, todas essas colocadas aos diversos campos como estratégia de mercado, comercial e financeiro de uma organização, na qual a estratégia deve focalizar na maximização dos lucros e na redução das despesas. Ainda sob o contexto, a produção é equipar ao mercado bens e serviços, é a transformação da matéria prima em produto final, que necessita de administração que se resume em gerenciar os recursos necessários à produção e disponibilidade de bens e serviços do processo produtivo de uma organização (SOUZA, 2008).

Produção é um sistema operacional standardizado, o qual se baseia na introdução do empregado ao meio produtivo da empresa, tendo a intenção de satisfazer as necessidades do ser humano, sendo assim, consiste na adequação do indivíduo à natureza com o objetivo de obter, através de um determinado processo produtivo, bens (incluindo produtos e serviços) necessários para a satisfação das suas necessidades (PEINADO; GRAEML, 2007).

Segundo Corrêa (2003, p.99) tem como objetivo no que se refere à estratégia de operações se remete na garantia da função da gerência nos progressos de produção e a entrega do valor à clientela sejam literalmente precisos de acordo com a intenção estratégica da organização, quanto aos tipos de mercado aos quais se interessar.

No entanto, é imprescindível a inclusão de procedimentos decisórios em operações, informações externas às organizações, como o cliente e a concorrência. Entretanto, debate-se a forma de gerenciar meios produtivos, contudo não mantendo uma visão introspectiva, e sim com um senso de provocar a justificativa das áreas e suas ações. Os tramites que a produção desempenha se baseiam em três: implementadora estratégica da empresa; apoiando a estratégia da empresa, contribuindo para que a mesma desenvolva e atinja seus respectivos objetivos; e impulsionadora da estratégia da empresa, fornecendo vantagem competitiva em longo prazo.

4. A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE DEMANDA PARA GESTÃO DE PRODUÇÃO

Assim como a produção, a gestão da demanda visa garantir o gerenciamento e a medição de esforços sobre as áreas que fazem parte da previsão de demanda. Essa gestão trabalha vários aspectos que estão ligados em relação à influência sobre o mercado, a priorização da alocação e a comunicação dentro do mercado.

Segundo Russomano (1995) essas habilidades servem para prevenir o processo de demanda e alinhar a antecipação futura sobre uma determinada pressão, isso é decorrência de uma formação baseada em dados históricos que são usados de maneira temática. Esses dados servem para explicar o comportamento da demanda em relação a sua capacidade de derivar diversas situações e informações de estimativas futuras para o mercado.

Diante disso é criado um canal de comunicação entre o mercado e as empresas, que visa evitar o desperdício de qualquer informação de previsão de venda de um determinado produto. Além disso, eles tratam da previsão de demanda como um comportamento necessário para o processo lucrativo, que usa as negociações como parcela de entrega e oferece um mix de produtos, usando o marketing e as promoções como forma de propagação no mercado.

Para Moreira (1999, p.82) as atividades relacionadas aos prazos de entrega também são de cunho importante para o processo produtivo e de demanda, pois as responsabilidades são atreladas a diversos setores, como o financeiro, o estoque e a produção. O processo de distribuição dos produtos é considerado um dos que mais chamam atenção dentro da gestão de demanda, isso ocorre porque os clientes fazem parte de uma parcela essencial para a vida da empresa. Quando um pedido é solicitado para o setor de vendas, é necessário que já se tenha a postos o produto para suprir a necessidade do cliente de forma imediata.

A gestão de demanda é de caráter multifuncional, ou seja, trata-se de um processo que não é restrito apenas a uma única atividade empresarial, mas sim a diversas atividades que em conjunto devem manter o comprometimento da previsão de demanda, entre elas a comercial, a de planejamento e a de logística. Mas para que isso ocorra diversos fatores são necessários, entre eles alguns estão atribuídos a responsabilidades de informação, cujo principal objetivo é manter os dados atualizados para favorecer a necessidade da empresa e se manter no mercado. Mesmo com a evolução dos recursos tecnológicos muito ainda precisa ser feito por conta das altas doses de experiência e planejamento das demandas

(PEINADO; GRAEML, 2007).

Segundo Tubino (2000) a gestão da demanda só passa a ser de responsabilidade da área de planejamento quando os problemas começam a ocorrer de forma gradativa, ou seja, quando a empresa não consegue mais acompanhar o ritmo do mercado e necessita de novos processos para se manter dentro do mesmo. Como a gestão é feita de maneira estratégica com a área comercial, diversos problemas podem surgir ao longo desse desenvolvimento. Um dos problemas os quais as empresas têm enfrentado dificuldades é o desperdício em excesso dos recursos produtivos, isso ocorre porque a área de vendas não se identifica com o principal objetivo que é vender e produzir com qualidade.

Em decorrência disso muitas empresas têm criado área específica para tratar das relações entre os setores administrativos e produtivos. Isso cria uma dinâmica comunicativa e garante que as informações cheguem de maneira segura até os gestores. É válido ressaltar que a previsão de demanda tem como foco principal manter o planejamento estratégico com foco voltado para a produção, pois é voltada para ela que seu desenvolvimento desenvolve-se dentro mercado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente trabalho teve como objetivo analisar a gestão de materiais, tendo como estudo o modo como o controle de produtos e das matérias primas é feito dentro dos setores organizacionais, sendo este um dos principais sistemas utilizados pelas empresas. Levando em consideração toda a abordagem histórica que vai desde a aquisição da mercadoria, até a chegada do mesmo ao consumidor final.

No transcorrer do estudo, os objetivos fundamentados foram idealizados levando em consideração o histórico da gestão de materiais e importância classificação de materiais e as atividades desenvolvidas, que vão desde os primeiros relatos de organização do homem na terra até o começo do processo de concorrência no mercado, período este que foi marcado pela Revolução Industrial, onde a produtividade começou a cair e foi preciso criar um novo ciclo para a administração de materiais para que o fluxo físico aumentasse a liquidez das empresas.

Após contextualizar o período de desenvolvimento histórico da gestão de materiais, foi abordado sobre os procedimentos aplicados na gestão de materiais, tendo como foco principal a sequência das operações e os princípios da identificação do fornecedor no ato da compra, até as vias de transporte e armazenagem. Abordando ainda as técnicas de administração de estoque, sendo está indispensável para alinhar o andamento e desenvolvimento do negócio.

Foi feito um ainda no decorrer do trabalho um estudo sobre o papel da gestão de estoque dentro do controle de materiais, onde foi explorada a definição de estoque, o processo de adaptação das empresas, capital de giro, e a importância desse estoque para o desenvolvimento do empreendimento, levando em consideração toda a abordagem histórica que o mesmo vem sofrendo no decorrer dos anos. Tudo isso se deve ao processo tecnológico, que teve grande influência no decorrer dos anos, tendo em vista que o controle de estoque é fundamental para controlar o processo de compra e venda de mercadorias, além da rentabilidade empresarial.

Conclui-se, portanto que a gestão de produção é um dos fatores mais determinantes para o processo de desenvolvimento empresarial, além de garantir o progresso diante do mercado competitivo, aumenta as chances de sobrevivência da empresa. Através da

pesquisa e do estudo bibliográfico, foi possível compreender todo esse processo de desenvolvimento da administração de recursos materiais, além da concepção histórica que levou a necessidade do estudo sobre como controlar os produtos e as matérias-primas que as empresas adquirem para a produção.

Referências

ALVAREZ, M. E. **Administração da qualidade e da produtividade**: abordagens do processo administrativo, São Paulo: Atlas, 2001.

BARALDI, P. **Gerenciamento de Riscos Empresariais**: a gestão de oportunidades, a avaliação de riscos e a criação de controles internos nas decisões empresariais. 2º edição. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2005.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP conceitos, uso e implantação**. São Paulo: Atlas, 2001.

GAITHER, Norman. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Editora Pioneira Thomson learning, 2011.

LOPES, R.A.; LIMA, J. F. G. **Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira**. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.

MARQUES, C. F. **Estratégia de gestão da produção e operações**. Curitiba: lesde Brasil SA, 2012.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. V. 2. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Controle da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2002.

SOUZA, J. B. de. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle de manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP): uma abordagem analítica**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp080691.pdf>. Acesso em: 16 de out de 2022.

VIANA, João José. **Administração de materiais**: um enfoque prático. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção**: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2007.

41

A IMPORTÂNCIA DO PROGRAMA 5S PARA MELHORIA DE PROCESSOS

*THE IMPORTANCE OF THE 5S PROGRAM FOR PROCESS
IMPROVEMENT*

Lívia Ferreira Lopes
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O presente trabalho teve como finalidade responder o questionamento acerca da importância da ferramenta 5s para ambientes de trabalho com baixa produtividade. Para isso realizou-se uma pesquisa bibliográfica, de caráter qualitativo e descritivo, sobre o tema abordado. Por meio da revisão bibliográfica foi possível enfatizar os conceitos, características e dificuldades dessa filosofia desenvolvida no Japão e adotada por muitas empresas em todo o mundo. O programa 5s é uma ferramenta de gestão da qualidade e trata de cinco termos de origem japonesa: *Seiri* (Senso de Utilização), *Seiton* (Senso de Ordenação), *Seiso* (Senso de Limpeza), *Seiketsu* (Senso de Padronização) e *Shitsuke* (Senso de Autodisciplina). A metodologia 5S é capaz de ser aplicada facilmente, com baixo custo de praticabilidade, gerando ganhos a curto prazo, se implementadas corretamente. O objetivo principal foi discutir e compreender os conceitos relacionados aos cinco sentidos propostos pelo programa 5S e suas aplicações perante o meio acadêmico, a partir disso explorar seus benefícios. O estudo dessa ferramenta, foi uma abordagem acadêmica muito importante, porque envolveu a racionalização do trabalho bem como, a minimização de custos e o aperfeiçoamento contínuo, além de melhoria do clima organizacional, da produtividade e conseqüentemente, da motivação dos funcionários. Tornando a ferramenta 5s um pilar para os processos de mudança organizacional.

Palavras-chave: Programa 5s, Senso, Produtividade, Gestão.

Abstract

The present work aimed to answer the question about the importance of the 5s tool for work environments with low productivity. To this end, a qualitative and descriptive bibliographic research on the theme was carried out. Through the literature review it was possible to emphasize the concepts, characteristics, and difficulties of this philosophy developed in Japan and adopted by many companies around the world. The 5S program is a quality management tool and deals with five terms of Japanese origin: *Seiri* (Sense of Use), *Seiton* (Being of Ordination), *Seiso* (Sense of Cleanliness), *Seiketsu* (Being of Standardization), and *Shitsuke* (Sense of Self-Discipline). The 5S methodology can be applied easily, with low cost of practicability, generating gains in the short term, if implemented correctly. The main objective was to discuss and understand the concepts related to the five senses proposed by the 5S program and its applications in the academic environment, and to explore its benefits. The study of this tool was a very important academic approach, because it involved the rationalization of the work, as well as cost minimization and continuous improvement, in addition to improving the organizational climate, productivity, and, consequently, employee motivation. Making the 5s tool a pillar for organizational change processes.

Keywords: 5s Program, Sense, Productivity, Management.



1. INTRODUÇÃO

O estudo da ferramenta 5S como agente de transformação do ambiente de trabalho, desperta curiosidades, possui características particulares e busca a melhoria nos processos de qualidade e produtividade, capaz de oferecer altas taxas de retorno para a tomada de decisões assertivas. A metodologia 5s teve uma maior adesão nas áreas industriais no Japão, configurando um cenário que atualmente tem como finalidade otimizar a produção; diminuição do desperdício de recursos através das mudanças de comportamentos e atitudes e principalmente racionalização do tempo.

Os 5S's são relevantes para identificar falhas de processos e são capazes de serem aplicados facilmente, com baixo custo de praticabilidade, gerando ganhos a curto prazo, se implementados corretamente. Além disso, os colaboradores se sentirão “partes do processo”, possibilitando que eles levem o programa como uma “rotina”, um “hábito” e à medida que for se consolidando, será algo pertencente da empresa, refletindo positivamente numa melhoria contínua. A ferramenta 5s é um método pensado para a organização cultural e pessoal da empresa e das partes interessadas em tornar o seu local de trabalho mais seguro, simples, confortável e organizado.

A necessidade de mudanças e a viabilidade da aplicação do 5s surge quando a empresa apresenta em potencial uma baixa produtividade que, conseqüentemente pode estar relacionada a concentrar esforços de trabalho em ilhas isoladas e/ou itens desnecessários para a rotina. Se for aplicado corretamente, pode melhorar o sistema de valores da empresa, relações sociais e energia para desempenho de tarefas. A pesquisa buscou responder o seguinte questionamento: A ferramenta 5S pode auxiliar um ambiente organizacional com baixa produtividade?

A partir da percepção dos problemas expostos ao longo do trabalho, a ferramenta 5S, buscou a excelência nos resultados alcançados com o objetivo geral de discutir e compreender os conceitos relacionados aos cinco sentidos e suas aplicações perante o meio acadêmico, a partir disso explorar seus benefícios. E ainda, apresentar o contexto histórico da metodologia japonesa 5s e o significado dos sentidos, entender como ocorre a aplicação e a importância e por fim estudar como a ferramenta pode auxiliar na melhoria da produção.

O método utilizado para o desenvolvimento desse trabalho foi a revisão bibliográfica, essa metodologia de pesquisa se classifica como descritiva, com o objetivo de rever diferentes conteúdos acerca do mesmo assunto com trabalhos publicados nos últimos 15 anos, em formas de artigos, sites de pesquisa, dissertações, teses, livros e principais autores como: Campos (2005), Miller (1996), Godoy (2001), Osada (1992) e Lapa (1998). Palavras-chave: Metodologia 5s. Produtividade. Gestão.

2. PROGRAMA 5S: CONTEXTO HISTÓRICO E SIGNIFICADO DOS SENTIDOS

De acordo com Calegare (1999), o Japão foi o grande disseminador da qualidade para o mundo. O programa 5s é uma ferramenta decorrente da produção enxuta, cuja criação correlaciona-se ao Sistema Toyota de Produção (STP). Foi desenvolvido após a Segunda Guerra Mundial com o objetivo de obter menos recursos de entrada, atuando com o menor estoque, menos desperdício e aumento da velocidade de produção.

O 5s chegou no país na década de 90 e foi lançado formalmente em 1991 pela fundação Christiano Ottoni em conjunto à Gestão de Qualidade Total (TQM) (CAMPOS, 2005). Muitas

vezes, é visto como uma grande faxina (*Housekeeping*), porque a maioria das pessoas não percebem a sua abrangência e se limitam de tal forma que, não conseguem perceber o que realmente essa ferramenta tem para oferecer: a mudança de valores (CAMPOS, 2005).

Esse método explora três dimensões básicas, a dimensão física (*layout*), a dimensão intelectual (realização das tarefas) e a dimensão social (relacionamentos e ações do dia-a-dia). Essas três dimensões se inter-relacionam e dependem uma da outra. No momento em que, uma das dimensões é melhorada ou alterada, percebe-se os reflexos nas outras (CAMPOS, 2005).

Para Miller (1996), a adoção de ferramentas da qualidade é fundamental para estruturar a gestão organizacional, pois esses instrumentos ajudam na interpretação da gestão da qualidade. Segundo Gadelha e Morais (2015), por meio da descrição e observação detalhada dos problemas, levantamento de fatores ou causas correlatas. Esses instrumentos, portanto, ajudam a organização a estabelecer prioridades, despendendo esforços no que realmente impacta o sistema de gestão.

Como em todo processo de mudança organizacional, o 5S exige para Godoy (2001), o comprometimento de todos os níveis hierárquicos incluindo o operacional. O nível estratégico deve disseminar os novos hábitos, enfatizando os aspectos individuais, dar segurança para todos, mostrar que tudo pode ser atingindo e melhorado. São pontos que fortalecem e fazem com que as pessoas engajem no processo. “Consciência por si só não basta. Para mudar, o homem precisa da vontade” (GOMES et al, 1998). Foi com esse pensamento que os japoneses criaram a metodologia 5S, que pode até ser considerado um estilo de vida.

2.1 Programa 5S's

O 5S é uma filosofia da qualidade que busca aperfeiçoar aspectos como padronização, organização e limpeza. Os 5s são derivados de palavras japonesas, iniciadas pela letra “s” e que significam princípios fundamentais da organização. O significado das cinco palavras japonês é; *Seiri* - senso de utilização; *Seiton* - senso de ordenação; *Seiso* - senso de limpeza; *Seiketsu* - senso de saúde e *Shitsuke* - senso de autodisciplina, entretanto, segundo Fujita (1999), a tradução destas palavras limita seu real significado. O significado de cada um destes sentidos são:

- *seiri*: organizar o que é necessário efetivamente, conforme certos princípios ou regras;
- *seiton*: organização das coisas de maneira que possam ser acessadas e utilizadas o mais rápido possível;
- *seiso*: significa adquirir o hábito de sempre manter limpo e em ótimo estado de conservação os ambientes dos quais se utiliza;
- *seiketsu*: manter as condições de trabalho favoráveis à saúde física e mental, ou seja, o uso de padronização no ambiente físico de trabalho, formação de hábitos;
- *shitsuke*: a autodisciplina, ou seja, estimular as pessoas a realizarem o seu trabalho corretamente e assumirem responsabilidade pelos seus resultados. Kojo; Bradalize (2006) e Fujita (1999).

2.2 Senso de utilização (*Seiri*)

O 'senso de utilização' consiste em deixar na área de trabalho somente o que é extremamente necessário. Significa usar recursos disponíveis, com bom senso e equilíbrio, identificando materiais, equipamentos, ferramentas, informações e dados necessários e desnecessários, descartando ou dando a devida destinação àquilo considerado "inútil" ao exercício das atividades (OSADA, 1992).

Trata-se da classificação dos recursos que se encontram dentro de um determinado ambiente, separando e definindo o que fica e o que vai embora. Os benefícios serão liberação de espaço, reaproveitamento de recursos, combate à burocracia e diminuição de custos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010). É utilizar os recursos de acordo com a necessidade e adequação, evitar excessos, desperdícios e má utilização como pode ser observado na Figura 1:

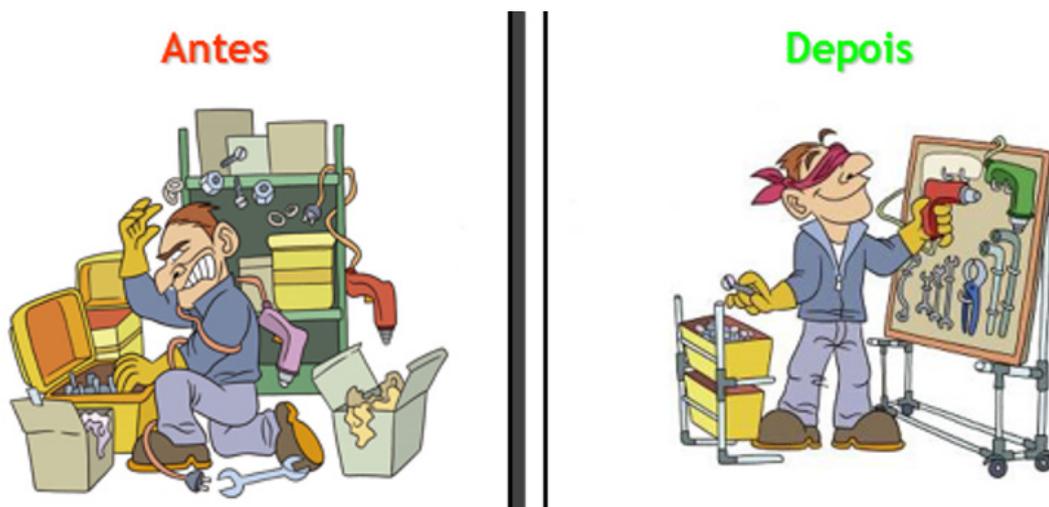


Figura 1 - *Seiri* (Senso de Utilização)

Fonte: Mota (2020)

A Figura 1 demonstra o *Seiri* como um processo eficiente de gerenciamento, e pode-se destacar alguns pontos, como: analisar tudo o que está no local de trabalho; separar o necessário do que é desnecessário; verificar utilidade de cada item perguntando se agrega valor e manter estritamente o necessário. O resultado desse procedimento melhora a produção e, conseqüentemente o ambiente.

2.3 Senso de ordenação (*Seiton*)

A palavra *Seiton* significa a arte de cada coisa em seu lugar pronto para uso. O senso de ordenação refere-se à disposição dos objetos, comunicação visual e facilitação do fluxo de pessoas, com isto há diminuição do cansaço físico, economia de tempo e facilita a tomada de medidas emergenciais.

Para localizar facilmente as coisas, o primeiro passo é definir um lugar, o segundo passo é como guardar e o terceiro passo é obedecer às regras. Cada coisa tem que ter nome. Um lugar para cada objeto e cada objeto em seu lugar. É importante identificar com o uso de etiquetas em tudo que há no local de trabalho: nas pastas, nos armários, nas ferramentas e materiais que são utilizados no dia a dia como está exposto na Figura 2:



Figura 2 - Seiton (Senso de Ordenação)

Fonte: Martins (2019)

A Figura 2 sistematiza a disposição dos itens proporcionando uma visualização mais fácil dos mesmos, promovendo um trabalho mais produtivo pela redução de esforços. A identificação dos objetos otimiza o trabalho e conduz os colaboradores a manter um padrão de organização, afinal tudo que é utilizado durante as atividades retorna ao seu local de origem obedecendo o que foi estabelecido para facilitar a estocagem, ou seja, favorece o manuseio dos recursos bem como a sua procura.

2.4 Senso de limpeza (Seiso)

Seiso significa inspeção, zelo, a arte de tirar o pó. Segundo Lapa (1998), poeira, lama, lixo, apares e outros nos locais de trabalho, podem não somente influenciar negativamente na saúde e integridade dos executantes como também causar danos, defeitos e falhas em equipamentos. O resultado disto são quebras inesperadas de equipamentos, ferramentas não disponíveis, deterioração de peças e materiais etc.

Os benefícios decorrentes desse senso, segundo Silva (1994, p. 34), são o bem-estar pessoal, a manutenção dos equipamentos, a prevenção de acidentes, a boa impressão causada nos clientes. Em outra dimensão, pode-se dizer que a esse senso está ligado com o sentimento de honestidade e de transparência na voz, no olhar, no gesto, na ação, na intenção de cada pessoa para com seus semelhantes como ilustra a Figura 3.



Figura 3 - Seiso (Senso de Limpeza)

Fonte: Martins (2019).

O conceito transmitido neste terceiro senso, ilustrado na Figura 4 é que limpar deve ser uma tarefa presente na rotina do trabalho, mas o não sujar deve ser um hábito.

2.5 Senso de padronização e saúde (*Seiketsu*)

O quarto senso é alcançado com a prática dos sentidos anteriores. A padronização consiste basicamente, no aperfeiçoamento e manutenção, mantendo os três primeiros S (utilização, ordenação e limpeza) de forma contínua. Este senso também visa a saúde mental, onde por meio de bons relacionamentos interpessoais influenciam em um prazeroso clima organizacional, zelando pela qualidade das relações de trabalho (TAVARES; FERREIRA, 2004).

Deve-se ocorrer a padronização dos processos. De acordo com Lapa (1998), entre as atividades envolvidas nesse senso, tem-se a elaboração de rotinas, integração de equipes, técnicas de relaxamento, zelar pela higiene pessoal, manter boas condições sanitárias nas áreas comuns (banheiros, cozinha, restaurantes), gerar e disponibilizar informações e comunicados de forma clara, que pode ser realizado através de metodologias simples de controle como um sistema de sinalização, explorando cores, isso tudo pra garantir um ambiente não agressivo e livre de agentes poluentes.

2.6 Senso de autodisciplina (*Shitsuke*)

Significa autodisciplina, educação, harmonia. O senso de autodisciplina, segundo Silva (1994, p. 37), “é ter os empregados comprometidos com o cumprimento rigoroso dos padrões éticos, morais e técnicos e com a melhoria contínua a nível pessoal e organizacional”, ou seja, quando as pessoas passam a fazer o que tem que ser feito e da maneira que deve ser feito, mesmo que ninguém veja, significa que existe disciplina.

Segundo Habu et al (1992), “quando a disciplina (*shitsuke*) se consolida, pode se dizer que o 5S como um todo também se consolida”. A arte de fazer as coisas certas, naturalmente. É o comprometimento com normas e padrões éticos, morais e técnicos e com a melhoria contínua ao nível pessoal e organizacional.

3. IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DO PROGRAMA 5S

De acordo com Campos (1992), a implantação de um programa de qualidade é um processo de aprendizado e, portanto, não deve ter regras muito rígidas, mas estar adaptada às necessidades, usos e costumes da empresa. Um programa de qualidade deve ser visto como o aperfeiçoamento do gerenciamento existente. Para isso, faz-se necessário um gestor de alta liderança que acompanhe o processo evolutivo dos colaboradores em todas as classes hierárquicas.

Segundo Campos (1999), a filosofia dos sentidos fomenta mudanças de conduta, hábitos, comportamento e tende a mobilizar toda a organização, desde o topo da pirâmide hierárquica até a base. Os líderes tornam-se espelhos para todos os colaboradores que desejam ter como referência um modelo profissional de sucesso. Portanto, para construir uma ponte entre as partes, a gestão deve estar com as suas falas e atitudes alinhadas, estimulando o trabalho em equipe dos funcionários no cumprimento das normativas.

O programa 5s, deve ser entendido como um instrumento que assegura qualidade,

melhora o ambiente de trabalho, promove o bem-estar dos funcionários, aumenta a auto-estima; racionaliza o uso de documentos e materiais; reduz custos e agiliza processos de trabalho; facilita a participação de todos e o relacionamento interpessoal, estimulando o trabalho em equipe e contribuindo para a imagem da organização (OSADA, 1992; ROSA, 1998; RIBEIRO, 1994). A motivação coletiva é um conceito chave nesse sistema.

Segundo Gomes et al (1998), usar o 5S como arcabouço para os “Processos de Gestão da Qualidade”, em específico a Gestão da Qualidade Total, tem sido de grande auxílio para o sucesso destes projetos. Pois, o 5S molda a organização, gerando um ambiente favorável a esses processos, conseguindo o comprometimento de todos na jornada da qualidade e estruturando a mesma para partir em busca de sua “excelência”. Apesar do rápido entendimento dos conceitos e facilidade de aplicação, praticar ‘5s’ é praticar “bons hábitos” e as pessoas precisam estar motivadas para obterem melhores resultados na execução das tarefas. O sucesso de qualquer empresa é fruto do trabalho em grupo.

O Senso de utilização refere-se à identificação, classificação e remanejamento dos recursos que são úteis ao fim desejado. De acordo com Oliveira (2013) este é o senso que cada colaborador deve saber diferenciar o útil do inútil, pois somente o que tem utilidade certa deve estar disponível. Além de identificar excessos e desperdícios, é importante ser identificado “o porquê do excesso” de modo que medidas preventivas, sejam adotadas para que o acúmulo destes excessos não ocorra novamente (MARTINS, 2019).

Decerto, o senso de ordenação, facilita o desenvolvimento do primeiro senso, ao diminuir o tempo de busca dos objetos. Segundo Osada (1992, p. 71), “... arrumar significa guardar, tendo em mente a eficiência, a qualidade e a segurança, ou seja, procurar a forma ideal de se guardar as coisas”. Este senso exige que as pessoas tenham hábitos como: se ligar, desligue; se desarrumar, arrume; se usar, deixe como estava antes; se precisar, deixe fácil de acessar.

A limpeza deve ser feita de forma sistemática e encarada como inspeção. Pois, assim, possibilitará a detecção de falhas nos equipamentos. O senso de limpeza busca também identificar as causas da sujeira ou do mau funcionamento dos equipamentos e eliminá-las (bloqueio das causas).

No quarto senso, saúde, o objetivo deste já é alcançado ao se praticar os anteriores de maneira adequada sendo, apenas, necessário manter as condições de trabalho, físicas e mentais, favoráveis à saúde. Porém, algumas alterações no ambiente de trabalho também resultam em maior produtividade para que os colaboradores tenham maior conforto tais como: uma melhor iluminação, uma melhor ventilação nas áreas de trabalho, a ginástica laboral para que os colaboradores evitem dores e fadigas musculares tendo, assim, uma disposição física melhor. Em uma frase significa: “Manter as condições de trabalho, físicas e mentais, favoráveis à saúde”. Essa frase segundo Silva (1996), resume bem o Senso de padronização.

Por fim, o último que é o da autodisciplina, tendo como significado a prática contínua dos sentidos anteriores. Com o objetivo de fazer com que as pessoas se comprometam na busca da melhoria contínua em nível pessoal e organizacional. E, para que este senso seja praticado eficientemente é necessário que as pessoas envolvidas façam com que a prática deles se torne um hábito, tendo consciência de fazer sua parte diariamente (SILVA; 1996). Formam-se com esse último senso um aperfeiçoamento de toda a filosofia e aplicação do modelo 5s.

“O 5S traz a melhoria da estrutura da empresa, sendo que, para tal, o método de abordagem adequado é a execução antes da teorização. Com a realização do 5S até o nível de uma crença, os resultados obtidos são extremamente grandes tanto em termos quantita-

tivos quanto qualitativo” (HABU et al, 1992). Portanto, o Programa 5s por completo tem importância fundamental para organizações que pretendem mudar o ambiente de trabalho para conseguir melhor performance.

3.1 Perspectivas da aplicação visando a gestão qualidade total

Segundo Lapa (2005a) e Kojo e Brandalize (2006) o início da implantação dos conceitos do programa ‘5S’ consiste no primeiro e mais abrangente passo rumo à Qualidade Total. As organizações estão sempre buscando ferramentas e métodos que as possibilitem viver novas experiências no mercado competitivo, para obter uma produtividade maior. Além disso, manter a organização dos afazeres dentro dos prazos previstos e até antes, podem atingir um salto de eficiência na qualidade e na produção.

A adoção dos conceitos ‘5s’ constitui um passo importante e fundamental no desenvolvimento, de uma nova cultura que necessita contar com o comprometimento e participação das equipes de trabalho para almejar a produtividade coletiva. São hábitos que podem ser adquiridos e melhorados na vida, no computador, em casa ou no trabalho. De acordo com Silva (1996, p.23) “tem que ser implantado a fim particular de melhoramento das classes funcionais, promovendo um meio adequado para que as pessoas transformem seus possíveis potenciais em prática”.

Silva (2001) destaca que as maiores dificuldades encontradas pelas organizações na implantação da gestão de qualidade total dizem respeito a mudança cultural em todos os níveis hierárquicos, sendo esses pontos chaves para a satisfação dos negócios.

Portanto, é indispensável que tenham constância no desenrolar dos novos hábitos, estejam sempre conversando sobre o tema, avaliem o andamento dos sentidos, para que o programa não perca a sua credibilidade frente os funcionários e clientes externos. A atenção às pessoas é um dos pontos da gestão de processos mais fundamentais, pois quando os processos são efetivados com êxito pelos funcionários, ocorre-se o alcance das metas da empresa, agregando valor ao cliente (DOMINGUES et al., 2015).

4. O 5S E A MELHORIA DOS PROCESSOS

O programa 5S é uma das principais ferramentas da qualidade que prezam primeiramente pela colaboração de equipe, ou seja, se uma organização possui uma cultura que não caminha atualmente conforme as necessidades da empresa, o primeiro passo que o gestor terá que alcançar é fazer com que seus colaboradores acreditem no sucesso de incrementar a gestão da qualidade com a finalidade de aumentar sua produtividade (JUNIOR, et al., 2010).

O maior ganho que o 5S proporciona é a mudança de comportamento das pessoas e do ambiente da empresa. A ferramenta 5s é considerada como fator importante para os Programas de Qualidade, como TQC (*Total Quality Control*) ou Qualidade Total. Não existe uma descrição única explicando o passo a passo da implementação do programa. Existem apenas orientações básicas de cada um dos sentidos (LIMA,1998).

Já no que se refere à qualidade total Oliveira (2013) entende que seja a capacidade de um produto ou serviço satisfazer – ou suplantando – tanto as necessidades, as exigências como também as expectativas dos clientes sejam eles externos e internos da empresa. O foco está sobre a maximização da qualidade em cada aspecto e fase dos processos e

atividades de uma organização, envolvendo todos os executivos e colaboradores, visando alcançar à completa e efetiva satisfação das demandas dos clientes.

A qualidade total é uma descrição da cultura, do comportamento e da organização de uma empresa que procura, de forma contínua, satisfazer as necessidades de seus clientes. A cultura requer qualidade em todos os aspectos das operações existentes na empresa, com atividades sendo realizadas de forma correta desde a primeira vez, visando erradicar os defeitos e as perdas das operações (BERTAGLIA, 2009, p. 55).

Na visão de Gomz-Gras e Verdu-Jover (2005) adotar um sistema de TQM requer mudanças fundamentais em todos os aspectos de uma organização: na sua força de trabalho, bem como na sua gestão, sua estrutura e sua também na própria cultura. Os autores ainda destacam que os princípios e práticas da TQM têm servido também como base para as iniciativas de melhoria de processo.

Apesar dos inúmeros benefícios encontrados no modelo 5s, há entraves e algumas dificuldades. Pode-se destacar algumas impedências como falta de conhecimento das pessoas que, por incapacidade ou até mesmo falta de interesse, não aplicam os conceitos e isso só demonstra como estão alienados a pensamentos inadequados.

É intrínseco do ser humano a resistência imediata a mudanças, a inovação, como popularmente dito 'a pensar fora da caixa', sempre existem medos, inseguranças e principalmente o comodismo. Mas, resistir ao novo precisa ser repensado quando se trata de buscar melhorias.

A necessidade de mudanças e a viabilidade da aplicação do 5s começa pelo método *Seiri* com ganhos de espaço, facilidade de limpeza, melhor controle dos estoques e redução de custos. Trata-se da classificação dos itens que se encontram dentro do ambiente, separando e definindo o que fica e o que vai embora, utilizando os recursos de acordo com a necessidade e adequação evitando excessos, desperdícios e má utilização (OLIVEIRA, 2013).

O senso de ordenação, promove rapidez e facilidade para encontrar os documentos organizados depois da seleção feita pelo primeiro senso, há ganhos e economia tempo além de diminuição de acidentes. O ambiente de trabalho fica visivelmente mais limpo e organizado, gerando uma melhor experiência para o cumprimento dos processos.

Nessa etapa é feita a limpeza da área de trabalho e também a investigação das rotinas que geram sujeiras rotineiras, tentando modificá-las. Para desenvolver melhorias é necessário estabelecer horários para que todos façam suas limpezas diárias, fazendo a manutenção das áreas comuns mais acessadas pelos funcionários. Um ambiente com pessoas conscientes e envolvidas com a limpeza promovem um bem-estar para a realização de tarefas.

O senso de padronização é uma melhoria contínua dos sentidos já citados, facilita a localização e identificação dos objetos e ferramentas com fixação de cores, formas, mudanças de layouts, iluminação, etc. Gerando um equilíbrio emocional e físico, porque além de tudo, esse senso está relacionado à saúde mental dos colaboradores e conseqüentemente nas melhorias de condições de segurança, tudo isso para fluir as ideias de forma mais ampla.

A última etapa, ou melhor, o último senso é justamente o comprometimento com as etapas anteriores. O senso de autodisciplina encerra o ciclo trabalhando a disciplina dos colaboradores envolvidos no processo de melhoria da produção.

Segundo Oliveira (1997) aplicando-se todos os sentidos do 5S obtém-se como resulta-



dos positivos: níveis altos de qualidade pessoal, interpessoal e ambiental; manifestação espontânea de criatividade em grupo ao realizar suas tarefas; diminuição e prevenção dos acidentes no trabalho; redução do desperdício; conservação de energia física e mental; melhoria do clima organizacional e satisfação coletiva.

Portanto, para o desenvolvimento do 5S o crucial é o desenvolvimento da participação e envolvimento das pessoas, e para isso os gestores precisam entender que eles são os responsáveis pelos processos desde a elaboração até a execução e que diante disso algumas resistências surgiram, mas avaliar a importância da ferramenta e a necessidade da empresa deve vir em primeiro lugar (ALVARES, 2010). Tornando a ferramenta 5s o pilar dos processos de mudança organizacional.

A aplicabilidade da ferramenta 5S traz consigo a melhoria do ambiente de trabalho, sendo não apenas no sentido físico, mas também no sentido moral, integrando um ambiente limpo e organizado, tornando-o agradável e fazendo com que as pessoas se sintam confortáveis no espaço de trabalho (LAPA, 1998). A produtividade está diretamente ligada aos bons hábitos dentro do ambiente de trabalho. Um lugar limpo, organizado, com práticas de utilização, autodisciplina e saúde, são fatores de sucesso para melhoria de processos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia 5s é uma das principais ferramentas da qualidade que auxilia a organização a obterem vantagens competitivas no mercado, visto que, é possível considerar conforme aponta o autor Lobo (2011), que a execução, organização, observação e as ações a serem tomadas, devem ser seguidas a rigor passo a passo por toda a equipe, ao mesmo tempo o gestor deve transmitir para sua equipe a importância do programa e as vantagens para ambos, deixando claro que muitas vezes o retorno não será imediato, mas que em longo prazo e com dedicação dos colaboradores é sim possível ter uma gestão de qualidade.

Um ambiente com baixa produtividade, pode ser melhorado com a aplicação da ferramenta 5s. Pois, é uma boa maneira da organização se preparar para projetos diários até os mais complexos, sendo uma abordagem que gera o aperfeiçoamento do modelo de gestão já existente. Contribuindo para a estruturação dos processos, estabelecendo melhores hábitos e criando uma transparência no ambiente de trabalho.

O desenvolvimento do processo produtivo dentro das empresas, está relacionado ao envolvimento das pessoas. Para Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), a implantação da ferramenta 5S influencia na redução de custos, à melhoria da pontualidade de entregas e da produtividade, ao aumento da qualidade do produto e um ambiente de trabalho seguro. Sendo assim, obtêm-se grandes vantagens com a aplicabilidade da metodologia 5s, como a organização e a limpeza, com desdobramentos futuros positivos para as empresas.

Referências

- ALVAREZ, M. E. B. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.
- CALEGARE, A. J. de A. **Os mandamentos da qualidade total**. 3. ed. Barueri: Inter-Qual International Quality

Systems, 1999.

CAMPOS, R. Et al. **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total. SIMPEP** – Simpósio de Engenharia de Produção, v.12, 2005

CAMPOS, Vicente F. (1992) “**TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**”, QFCO, Belo Horizonte.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total no estilo japonês**. 8ª ed.; Minas Gerais; 2004.

COSTA, Breno Willian de Castro; SOUZA, Flávia Aparecida. **Análise do programa 5s e das aplicações da ferramenta da qualidade por alunos de engenharia de produção**. 13 f. Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, 2017.

DOMINGUES, F. M. F. V.; XAVIER, W. G.; BIROCHI, R.. **Gestão por processos: uma análise da ferramenta de gestão utilizada no poder judiciário de Santa Catarina**. Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, v.8, n.1, p.199-238, 2015.

FALCÃO JÚNIOR, M. A. G.; SANTOS, R. N. M.. **A gestão de processos na análise das atividades de seleções públicas simplificadas: estudo de caso em uma prefeitura**. Revista de Gestão e Tecnologia, v.6, n.2, p.6-19, 2016.

FUJITA, Seuchi. **‘5S’ activities change the working environment. Kenshu, Tokyo, Japan**, n.153, 1999.p.6-9.

GADELHA, G.R.O.; MORAIS, G.H.N. **Análise do Processo de Desperdícios de Embalagens em uma Indústria Alimentícia: Aplicação das Quatro Primeiras Etapas do MASP**. In: ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, Fortaleza, 2015.

GOMZ-GRAS, J. M.; VERDU-JOVER, A. J. **TQM, structural and strategic flexibilit and performance: an empirical researchstudy**. *Journal of Total Quality Management*, v. 16, n. 7, p. 841-860, 2005.

GODOY, L.P. **Gestão da qualidade total e as contribuições do programa 5S's**. XXI ENEGEP, 2001.

GOMES, D. et al. **Aplicando 5S na gestão da qualidade total**. São Paulo: Pioneira, 1998.

HABU, N.; KOIZUMI Y.; OHMORI Y. **Implementação do 5S na prática**. Campinas: Editora Icea, 1992.

JUNIOR, I. M.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; LEUSIN, S. **Gestão da qualidade: série gestão empresarial**. 10ª ed. São Paulo: FGV. 2010.

KOJO, Rogério H.; BRANDALIZE, Adalberto. **Implantação do programa ‘5S’**. 2006.

KRAJEWSKI, L; RITZMAN, L; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8º ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LAPA, R. **Programa 5S**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

LAPA, R. **‘5S’, os cinco sentidos**. Disponível em: http://www.ptenet.com.br/5_sensos/. Acesso em 24 set. 2005b.

LIMA, M. L. M.. **Aplicabilidade do programa 5S nos serviços de alimentação**. Monografia (Especialização em Administração em Serviços de Alimentação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

LONGO, R. M. J.; VERGUEIRO, W. **Gestão da qualidade em serviços de informação no setor público: características e dificuldades para sua implantação**. Rev. Dig. Bibliotecon. Ci. Inf., Campinas, v.1., n.1, p. 39-59, 2003.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade – as 7 ferramentas de qualidade**. São Paulo: Érika, 2011.

MARTINS. **Seiton (Senso de ordenação)**. Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/o-2o-s-dos-5ss-senso-de-ordenacao/>. Acesso em: 02 nov. 2022.

MARTINS. **O 1º S dos 5S´s – Seiri – O senso de utilização**. Disponível em: <https://tuliomartins.com.br/seiri-o-senso-de-utilizacao/>. Acesso em: 2 nov. 2022.

MILLER, W. “**A working definition for total quality management (TQM) researchers**”, *Journal of Quality Management*, vol.1, nº2, 1996.

MOTA. **Seiri (Senso de Utilização)**. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/5s-seiri-senso-de-utiliza%C3%A7%C3%A3o-t%C3%A2mara-carli-mota>. Acesso em: 02 nov. de 2022.

MOTA. **Seiso (Senso de Limpeza)**. Disponível em: < <https://tuliomartins.com.br/senso-de-limpeza-seiso-o-3o-s-dos-5ss/>>. Acesso em: 02 nov. de 2022.

NAPOLEÃO. **Ferramentas da qualidade**. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/5s/>. Acesso em: 02 nov. 2022.



- OSADA, Takashi. Housekeeping, **'5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: IMAM, 1992. 212 p.
- OLIVEIRA, D. de P. R. de. **Administração de processos: conceitos, metodologia, práticas**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- OLIVEIRA, D. P. R.. **Administração de processos: conceitos, metodologia, práticas**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2013.
- OLIVEIRA, J. R. C. **Aspectos humanos dos 5 sentidos: uma experiência prática**. 2ªed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997.
- RIBEIRO, Haroldo. **'5S': um roteiro para uma implantação bem-sucedida**. Salvador: Quality House, 1994. 79 p.
- ROSA, Antônio Sérgio Michels; BOLSON, Cátia. **Programa '5S's**. Porto Alegre: FUNDATEC, 1998. (Folder).
- ROSSATO, F.; BOLIGON, J. A. R.; MEDEIROS, F. S. B. M.. **Estratégias para a implantação do programa 5S em uma cooperativa**. Latin American Journal of Business Management, v.7, n.2, p.27-49, 2016.
- SILVA, João M da. **O ambiente da qualidade na prática: 5S**. 3ª edição. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996.
- SILVA, João Martins da. **5 S's: o ambiente da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.
- SILVA, J. M. **5 S - O Ambiente da Qualidade, Fundação Christiano Ottoni**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- SEBRAE. **O GQT nas empresas de serviço**. Brasília: SEBRAE, 2000.
- SENGE, Peter. **Rethinking leadership in the learning organization**. Disponível em: <<http://www.pegasus.com.com/article1>>. Acesso em 18 de nov de 2022.
- TAVARES, D. G.; FERREIRA, J. O. **Programa da qualidade – 5s**. São Paulo: Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, 2004. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC6-75.pdf. Acesso em: 2 nov. 2022.

42

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO: APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS

*ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PRODUCTION:
APPLICATIONS AND BENEFITS*

José Vitor Mendes França
Leandro Ribeiro da Conceição
Pablo Vinicius Costa Silva
Danilo Oliveira Cortes
Lucas Breno Gomes Andrade
Camila Eduarda Silva Carvalho
Vanderson Gusmão de Oliveira
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Resumo

O presente estudo tem como finalidade apresentar aplicações da inteligência artificial na produção, propondo soluções frente aos grandes desafios enfrentados pelos setores da qualidade, logística e manutenção. Alguns dos objetivos, contemplados neste trabalho, envolvem a redução de custos, otimização de processos, aumento de eficiência e da produtividade, além do melhor gerenciamento dos recursos. Ao final, será possível a adoção de práticas indispensáveis para aqueles gestores que almejam melhores resultados em sua organização.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Gestão da Produção. Indústria 4.0.

Abstract

The present study aims to present applications of artificial intelligence in production, proposing solutions to the great challenges faced by the quality, logistics and maintenance sectors. Some of the objectives contemplated in this work involve cost reduction, process optimization, increased efficiency and productivity, in addition to better resource management. In the end, it will be possible to adopt indispensable practices for those managers who aim for better results in their organization.

Keywords: Artificial intelligence. Production management. Industry 4.0.

1. INTRODUÇÃO

O campo que hoje engloba estudos sobre inteligência artificial teve seu desenvolvimento iniciado na década de 40. Seu conceito, porém, só foi definido por volta de 1950, na Universidade de Carnegie Mellon, pelos cientistas Herbert Simon e Allen Newell, responsáveis pela criação do primeiro laboratório dedicado à inteligência artificial no âmbito acadêmico.

Sua constante evolução, aliada à alta demanda de soluções tecnológicas nas décadas seguintes, possibilitou a quebra da barreira acadêmica e a absorção da IA pelo mercado com aplicações em diversas áreas, tendo como principal característica o uso de máquinas computacionais pautadas em mecanismos que se assemelham ao raciocínio humano na resolução de problemas.

A presença dessa tecnologia se tornou ainda mais relevante com a chegada da quarta revolução industrial, também denominada de indústria 4.0, que promoveu mudanças em grande escala envolvendo a automação e troca de dados, bem como todos os processos de produção e modelos de negócios, por meio do uso de máquinas e sistemas computacionais.

A incorporação da robótica avançada, de sistemas integrados, da internet das coisas e de sensores, possibilitou uma sinergia envolvendo homem-máquina ao longo das operações industriais, o que permitiu a geração de informações e a conexão das diversas etapas da cadeia de valor, do desenvolvimento de novos produtos, projetos, produção, até mesmo o pós-venda.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Fundamentos da Inteligência Artificial

A operação de toda empresa possui como sua base originária um planejamento estratégico. Ele deve ser elaborado, implementado e avaliado a partir de estudos e pesquisas que relatam seu conceito, importância, benefícios e resultados, os quais devem ser discutidos, adaptados, sedimentados e aceitos por todos na organização, por meio de uma metodologia adequada (REZENDE, 2008).

Os ambientes organizacionais mudam de maneira recorrente, e as organizações devem se adaptar apropriadamente para garantir que as metas possam ser cumpridas. (CERTO; PETER, 1993).

Esse processo possui cinco etapas, diretamente relacionadas ao seu sistema de administração estratégica:

- Analisar o ambiente: monitorar o meio interno e externo da organização, identificando riscos ou ameaças, oportunidades, fraquezas e forças.
- Estabelecer a diretriz organizacional: determinar a meta da organização, paralelo a sua missão e os seus objetivos.
- Formular estratégias: definir como as ações organizacionais irão atingir seus objetivos.
- Implementar estratégias: iniciar o plano de ação das estratégias desenvolvidas.



- Elaborar o controle estratégico: monitorar e avaliar todo o processo para melhorá-lo e assegurar um funcionamento adequado, inclusive com sistemas de informação (CERTO; PETER, 1993; MINTZERBERG; AHLSTRAND; LAMPEL; 2000).

O pensamento estratégico está fundamentado na ciência da estratégia. Está atrelado com as intenções empreendedoras e criativas sobre uma organização e seu ambiente, por meio de atitudes de pensar nas atuações futuras das organizações (MINTZERBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2000). A ciência do pensamento estratégico chama-se “teoria dos jogos” (DIXIT; NALEBUFF, 1994).

A ideia mais objetiva e simplificada de estratégia é denominada como “arte de planejar”. A estratégia compreende um dos vários conjuntos de regras de decisão para orientar o comportamento da organização, vista como uma ferramenta para trabalhar com turbulências e as condições de mudanças que as cercam (ANSOFF, 1988). É uma forma de pensar no futuro, integrada no processo decisório, com base em procedimentos formalizados e articulados em resultados. Essa estratégia deve ser definida de acordo com o tipo do negócio ou atividade organizacional, pois são decisões que devem ser sempre muito bem pensadas antes de sua execução (MINTZERBERG; QUINN, 2001).

Para atingir a finalidade pretendida, a informação e o conhecimento são ferramentas auxiliares imprescindíveis. A informação, oriunda do dado, é um recurso essencial e necessário para o planejamento estratégico organizacional, pois sem informação não será possível elaborar, gerir e implementar projetos (REZENDE, 2010).

O conhecimento que complementa a informação com valor relevante e propósito definido é outro recurso para a elaboração de qualquer projeto, seja tácito, definido como percepções humanas, ou interferências computacionais.

As teorias de gestão de projetos podem facilitar a gestão do projeto de planejamento estratégico organizacional. O processo administrativo ou das funções da administração (planejamento, organização, direção e controle – PODC) é uma dessas teorias. Os sistemas de qualidade também podem contribuir, dentre eles as normas ISO, o método PDCA e o 5S. As normas ISO estabelecem padrões de elaboração e de qualidade dos produtos e serviços da organização. O método PDCA se baseia no controle de processos. O 5S é uma prática desenvolvida no Japão e ocidentalizada. Ainda podem ser utilizados os métodos: PERT/COM; e o PMBOK/PMI.

Os sistemas de informação e a tecnologia da informação são recursos fundamentais para a agilidade, efetividade, êxito e a inteligência de uma organização. Além da análise de custos, benefícios, riscos e viabilidade, ainda será dar atenção para mais estas questões: respeitar a legislação vigente; plano de contingência para atender eventuais deficiências de funcionamento; possuir foco em competitividade e em inteligência organizacional e não na tecnologia propriamente dita; elaborar um plano de gestão de mudança decorrente da introdução ou da efetividade da tecnologia no contexto organizacional (REZENDE, 2010; REZENDE ABREU, 2010).

Os sistemas de informação podem assumir diversas formas convencionais, tais como: relatórios de controles fornecidos e circulados dentro da organização; relato de processos diversos para facilitar a gestão da organização; coleção de informações expressa em um meio de veiculação; conjunto de procedimentos e normas da organização estabelecendo uma estrutura formal; em, por fim, conjunto de partes que geram informações.

Quando utilizam os recursos da tecnologia da informação, podem ser entendidos como um grupo de telas e de relatórios. Também podem ser entendidos como um conjunto de *software*, *hardware*, recursos humanos e respectivos procedimentos que antecede-

dem e sucedem um *software*. Os sistemas de informação objetivam auxiliar os processos de decisões da organização. Se eles não possuírem como finalidade atingir esse objetivo, sua existência não gerará valor.

O foco dos sistemas de informação está direcionado, no setor privado, sobretudo, para o negócio empresarial. Esse foco deve estar intrinsecamente ligado aos gargalos presentes na qualidade, produtividade, eficiência e inteligência operacional.

Segundo a abrangência da organização, os sistemas de informação estão nos níveis: pessoal; de um grupo ou departamental; organizacional; e interorganizacionais (KROENKE, 1992).

2.2 Aplicações no Controle de Qualidade

Segundo a definição de Ishikawa (1989, 1993), “praticar um bom controle de qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que seja mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”. Para atingir esse objetivo, todos na empresa precisam trabalhar juntos. Também é necessário um investimento constante em métodos e ferramentas que auxiliem na garantia da qualidade de projetos e processos.

É nesse cenário que a inteligência artificial se mostra decisiva, resolvendo problemas complexos que demandam maiores esforços em suas resoluções. A aplicação dessa tecnologia atua como uma verdadeira aliada no controle de inspeção de qualidade de produtos em linhas de produção, além da detecção de possíveis falhas operacionais envolvidas no processo.

A I.A sofreu uma evolução considerável ao longo dos anos. Seu espaço na indústria foi assegurado, sobretudo, pelo desenvolvimento de sistemas autônomos e automatizados. O *Deep Learning* surgiu como uma ferramenta poderosa para inspeção dos sistemas de qualidade. O método possui como característica aprender através dos dados presentes na operação, desenvolvendo mecanismos de análise focados na resolução dos problemas de maneira customizada e adaptada, simulando o comportamento humano.

Um exemplo prático e funcional dessa aplicação é o controle de qualidade envolvendo produtos defeituosos em uma linha de montagem. Onde, através da utilização de uma câmera e algoritmos de detecção de objetos, é possível localizar e classificar produtos sem conformidade, fora do padrão especificado. Dessa maneira, as métricas de precisão se tornam mais eficientes e há uma significativa otimização do tempo.

Além da aplicação focada na identificação de produtos defeituosos, a visão computacional também pode atuar como ferramenta de suporte para o monitoramento da operação, emitindo notificações e alertas para os colaboradores.

Recentemente, os pesquisadores Athina Kamura e Fernando Lucini definiram três fatores-chave para o sucesso da implementação de uma tecnologia de inteligência artificial:

1. *Pivot to piloting* — Uma tecnologia pilotada pega um recurso totalmente desenvolvido e o lança diretamente no mundo real.
2. Comprometer-se com a ação – As organizações devem considerar apenas alguns projetos valiosos e se concentrar em fazer a pesquisa adequada e colocá-los em produção.

3. Certifique-se de ter a equipe certa para isso.

É importante que a implementação esteja alinhada às outras ferramentas de planejamento e controle de qualidade, como o diagrama de Ishikawa. Ele relaciona todos os itens de controle envolvidos em um processo, tendo como objetivo primário a resolução de um problema, com origem em uma causa raiz, através do melhor gerenciamento de recursos.

Fundamentando-se nos conceitos de Campos (1992), há o estabelecimento de três principais ações para o controle do processo:

- **Definição da “diretriz de controle” (planejamento da qualidade):** a diretriz de controle consta da meta, que é a faixa de valores desejada para o item de controle, e do método, que são os procedimentos necessários para o alcance da meta.
- **Manutenção do nível de controle (manutenção dos padrões):** consiste em garantir que a meta estabelecida no item um seja atingida. Caso isso não ocorra, será necessário atuar nas causas que provocaram o desvio e recolocar o processo no estado de funcionamento adequado.
- **Alteração da diretriz de controle (melhorias):** consiste em mudar o nível de controle atual e alterar procedimentos padrão, de modo que o novo nível de controle seja atingido. Essas alterações têm o objetivo de melhorar o nível de qualidade planejado inicialmente (LOBO, 2018).

A ferramenta mais utilizada para controle de processos é o ciclo PDCA. Trata-se de um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma empresa.



Figura 1 – Ciclo PDCA

Fonte: Blog Voitto (2017)

Segundo Ishikawa (1989) e Campos (1992, 1994), o ciclo PDCA é composto pelas seguintes etapas:

- **Planejamento (P):** essa etapa consiste em estabelecer metas; estabelecer o método para alcançar as metas propostas.
- **Execução (D):** executar tarefas exatamente como foi previsto na etapa planejamento e coletar dados que serão utilizados na próxima etapa de verificação do

processo. Na etapa de execução são essenciais a educação e o treinamento no trabalho.

- **Verificação (C):** a partir dos dados coletados na execução, comparar o resultado alcançado com a meta planejada.
- **Atuação corretiva (A):** essa etapa consiste em atuar no processo em função dos resultados obtidos. Existem duas formas de atuação passíveis: adotar como padrão o plano proposto, caso a meta tenha sido alcançada; agir sobre as causas de não atingimento da meta, caso o plano não tenha sido efetivo.

Existem várias ferramentas de qualidade que podem ser utilizadas em cada fase do ciclo. A utilização de mais de uma ferramenta, de acordo com a natureza do problema, possibilita o aprimoramento do processo de coleta e disposição das informações, contribuindo para a eficiência.

2.3 Aplicações no Controle de Estoques

A presença da tecnologia na logística tornou-se indispensável devido ao alto volume de transações, dinamismo e velocidade de todas as operações que a envolvem. A aplicação da inteligência artificial na gestão de estoque pretende superar os desafios impostos, aperfeiçoando processos e promovendo um equilíbrio entre demanda, qualidade e agilidade.

Uma das maiores vantagens do estoque é o encurtamento de tempo e espaço. Ele deve estar localizado de forma estratégica, de modo que beneficie tanto a indústria quanto o consumidor (PAURA, 2012). Seu custo pode variar entre 40% e 50% dos gastos logísticos da organização (PAURA, 2012), se tornando um dos setores que demandam maior investimento. Um planejamento de estoque repleto de falhas, ou um controle ineficiente que comprometa a operação, podem gerar sérios prejuízos financeiros.

Tendo como base as premissas levantadas, o uso da inteligência artificial acaba dispondo de um enorme potencial para a produção de impactos positivos nos setores logístico e de transporte (DELLOT et al., 2017). A utilização de sistemas especializados no planejamento, controle e gestão de inventários pode melhorar a eficiência de 8 a 18%, devido a mitigação de erros. São sistemas capazes de captar padrões e os gerar dados necessários para uma tomada de decisão mais assertiva, favorecendo a melhor definição do nível de estoque, tempo de reposição, compra de insumos (MIN, 2010), além de prever demandas e projetar volume de vendas.

A operadora logística DHL (Dalsey, Hillblom & Lynn), fez uma análise de dados na plataforma do YouTube por estatística e semântica o interesse pelos *spinners*. Baseando-se nela, conseguiram verificar a demanda do produto e dimensionar sua frota com antecedência (GESING, et al., 2018). Além dessa aplicação prática, também é possível utilizar robôs com visão computacional e algoritmos de *machine learning* para identificar uma grande variedade de formas, que incluem logos, etiquetas e formatos 3D (GESING et al., 2018).

Min (2010) veículos autônomos baseados em inteligência artificial já são utilizados para melhorar operações logísticas em centros de distribuição. Eles substituem colaboradores que atuam de maneira manual na operação de empilhadeiras e guindastes. Os veículos detêm a capacidade de realizar planejamento de caminhos e indexação dos produtos, movendo-os com muita agilidade (DELLOT et al., 2017). Esta é a aplicação mais comum entre todas listadas. Há uma crescente absorção do mercado, sobretudo de grandes galpões logísticos, demonstrando que a substituição da mão de obra puramente operacional é uma tendência do presente.



Figura 2 – Robôs autônômos

Fonte: InforChannel (2020)

Entre os benefícios de se ter robôs autônomos desempenhando funções no setor logístico de uma indústria, estão:

- **Assertividade:** possuem a capacidade de desviar ou reformular rotas para chegar no local de destino previamente definido.
- **Instalação:** não há necessidade de promover alterações na planta ou no layout industrial. É uma tecnologia totalmente adaptável ao ambiente.
- **Carregamento automático:** o robô faz a própria gestão de sua bateria, direcionando-se de forma totalmente autônoma ao local de carregamento.
- **Segurança:** detém a capacidade de desviar de obstáculos e pessoas que estejam no caminho.
- **Flexibilidade:** as rotas podem ser definidas por qualquer dispositivo móvel, celulares, tablets, notebooks, através de um app ou programa.

2.4 Aplicações na Manutenção Preditiva

A ideia que fundamenta a definição de manutenção preditiva consiste na prática regular do monitoramento da condição mecânica, do rendimento, e de outros indicadores operacionais das máquinas e sistemas de processos, fornecendo dados necessários para assegurar o intervalo máximo entre reparos. Dessa forma, busca minimizar o número e os custos de paradas não programadas, criadas por falhas mecânicas.

Enquanto finalidade, é uma ferramenta bastante importante para a melhoria da produtividade, da qualidade de produtos, para maximizar lucros e a efetividade global das plantas industriais. Não se trata, portanto, apenas de um monitoramento de vibração ou análise de óleo lubrificante, mas de uma metodologia que assume papel estratégico no planejamento e programação da produção, sendo determinante para o cumprimento de metas.

A manutenção preditiva identifica falhas em uma fase inicial, em alguns casos, antes de acontecer. Os sensores e o processo de transformação dos dados em insights se tornam

aspectos essenciais nessa tarefa. Sem informação, não é possível realizar uma manutenção adequada. Desse modo, a análise baseada em grande volume de dados que a tecnologia I.A oferece atua como uma espécie de potencializadora.

A coleta de dados por parte dos sistemas industriais é a primeira tarefa a ser realizada. Após isso, a extração para soluções em nuvem, gerando um monitoramento em tempo real que permite explorar os dados obtidos, compará-los e analisá-los para chegar na melhor conclusão.

A prevenção de falhas acontece através de algoritmos monitorados, responsáveis por comparar dados históricos de falhas com as informações obtidas em tempo real. Esse “banco de informações” permite a padronização e automatização do processo de criação de avisos, alertando sobre a detecção de anomalias ou falhas no sistema, traduzidos em seus 5 principais objetivos:

- Determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção.
- Aproveitar totalmente a vida útil de um componente ou equipamento.
- Tornar processos mais ágeis e eficientes.
- Mitigar riscos e diminuir número de acidentes.
- Eliminar desmontagens irrelevantes para inspeção.

Em uma recente pesquisa realizada pela A.T. Kearney na Industry Week, 588 empresas que utilizavam sistemas de manutenção preditiva demonstraram a seguinte média nos resultados obtidos:

- 28,3% de aumento na produtividade de manutenção.
- Redução de 20,1% no tempo de inatividade do equipamento.
- 19,4% de economia nos custos com materiais.
- 17,8% de diminuição em manutenção e reparo de inventário.
- Restituição de tempo de 14,5 meses.

Com base nesses resultados, é razoável considerar uma projeção bastante lógica envolvendo ganhos e melhorias para gestão da produção, entre os quais estão redução dos custos de manutenção e maior disponibilidade de ativos.

3. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo apresentar aplicações da inteligência artificial na produção. Demonstrando, através de análises, os benefícios de sua utilização nos setores da qualidade, logística e manutenção, possibilitando redução de custos, otimização de processos, ganhos em eficiência e produtividade.

O desenvolvimento do campo de estudo, bem como a constante adoção da tecnologia, permite vislumbrar outras futuras aplicações a partir do aperfeiçoamento dos algoritmos e sistemas. Todavia, as ferramentas que estão disponíveis para uso já possibilitam melhorias relevantes e promovem impactos significativos em toda cadeia produtiva.



Referências

- BULLER, L.S. **Logística Empresarial**. 1ª Ed. Curitiba, PR: IESDE Brasil S.A., 2009.
- GESING, BEN, PETERSON, STEVE J. E MICHELSEN, DR. DIRK. 2018. **Artificial Intelligence in logistics**. Troisdorf : DHL Customer Solutions & Innovation, 2018.
- HARA, C.M. **Logística: Armazenagem, Distribuição e Trade Marketing**. 5ª Ed. Campinas, SP: Alínea, 2013.
- JACQUES, Matheus.; BRUM, João. O impacto da inteligência artificial no setor de controle de qualidade de produtos. **Fox IoT**. São Paulo, 3, fevereiro, 2021. Disponível em: < <https://www.foxiot.info/post> >. Acesso em: 28, outubro, 2022.
- LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão de Produção**. São Paulo: Editoras Érica, 2010.
- MIN, H. 2010. **Artificial intelligence in supply chain management: theory and applications**. International Journal of Logistics Research and Applications. 13, 2010, Vol. 1.
- PAOLESCHI, B. **Estoques e Armazenagem**. 1ª Ed. Livro digital: Érica. 2014.
- PAURA, G.L. **Fundamentos da Logística**. 1ª Ed. Curitiba, PR: Instituto Federal do Paraná, 2012.
- REZENDE, Denis Alcides. **Planejamento de sistemas de informação e informática**. São Paulo: Editoras Atlas, 2011.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- TENÓRIO, F. G.; PALMEIRA, J. N. **Flexibilização Organizacional: Aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV, 2000.
- WILLMOT, P. **Total Quality With Teeth**. *The TQM Magazine*, MCB University Press, 1994, Vol. 6, No. 4, pp. 48-50.7

43

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO COM FOCO EM SEGURANÇA DO TRABALHO NAS EMPRESAS DE BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO

*PRODUCTION ENGINEERING WITH A FOCUS ON WORK
SAFETY IN MINING TAILINGS DAM COMPANIES*

Lennary Grazielly Lopes Ferreira

Resumo

As barragens de rejeitos minerais são complexas e importantes estruturas, as quais demandam medidas incisivas de segurança e monitoramento, com o intuito de garantir aos colaboradores um ambiente estável e livre de possíveis acidentes, além de viabilizar à população um conforto habitacional, interligado a segurança contra possíveis rompimentos. Dessa forma, tendo em vista a relevância do tema em análise, o objetivo cerne deste trabalho consiste em descrever as medidas necessárias para a melhoria da segurança dos funcionários em empresas de barragens de resíduos de mineração. Para que esse objetivo seja atingido, a metodologia empregada será de cunho bibliográfico, de modo a abranger todas as informações necessárias para o embasamento da pesquisa. Dentre as propostas mais importantes para viabilizar a segurança dos colaboradores em barragens de rejeitos de minérios, as principais são as medidas preventivas e o monitoramento da estrutura, de forma a prever possíveis inconveniências que possam culminar em catástrofes.

Palavras-chave: Barragens de Rejeitos, Segurança, Trabalhadores.

Abstract

Mineral tailings dams are complex and important structures, which require incisive safety and monitoring measures, with the aim of guaranteeing employees a stable environment free of possible accidents, in addition to providing the population with housing comfort, linked to safety against possible breakups. Thus, in view of the relevance of the subject under analysis, the core objective of this work is to describe the necessary measures to improve the safety of employees in mining waste dam companies. In order for this objective to be achieved, the methodology used will be of a bibliographical nature, in order to cover all the necessary information for the foundation of the research. Among the most important proposals to enable the safety of employees in tailings dams, the main ones are preventive measures and monitoring of the structure, in order to anticipate possible inconveniences that may culminate in catastrophes.

Keywords: Tailings dams, Safety, Workers.

1. INTRODUÇÃO

A engenharia civil pode ser considerada como uma área que está em constante desenvolvimento e crescimento. Devido aos avanços tecnológicos e ao aumento do setor construtivo, ocorre uma maior demanda de minerais para atender a essa indústria e a extração desses minérios elevam, ainda mais, a necessidade da construção de barragens de resíduos.

O Brasil é um dos maiores construtores mundiais de barragens e, embora haja indícios desse tipo de construção em praticamente todas as culturas, é sabido que esta oferece grandes riscos ao meio ambiente. Apesar disso, a fiscalização nas barragens de rejeitos de minerações ainda é bastante limitada e depende, na maioria das vezes, do monitoramento das próprias empresas contratantes.

Dito isso, é notório a importância da conscientização da população a respeito da limitação dos recursos naturais e do impacto que qualquer alteração do meio físico, decorrente da ação do homem, causa ao bem-estar socioeconômico. Assim como, também é importante salientar a urgência de projetos de prevenção dos acidentes que estejam centrados nos planos de segurança devidamente elaborados por cada empresa responsável pela contratação de funcionários capacitados, aquisição de equipamentos de segurança, e manutenção de tais fatores com foco sempre na saúde e na segurança de seu patrimônio e colaboradores.

Diante dos acidentes que houve em barragens de mineração veiculados nas mídias sociais, se tornou necessário debater sobre cuidados com a segurança dos funcionários e da comunidade que mora nos arredores dessas barragens. Com base nos futuros estudos levantados, faz-se a seguinte pergunta: Qual a importância da Engenharia de Produção na busca da garantia da segurança do trabalho para todos os funcionários das empresas de barragem de rejeitos de mineração?

Tendo em vista a necessidade de inspeção do trabalho em barragens de rejeitos e mineração, o objetivo deste trabalho foi descrever as medidas necessárias para a melhoria da segurança dos funcionários em empresas de barragens de resíduos de mineração. Além disso, foi preciso conceituar as barragens de rejeitos de mineração, apresentar as normas de segurança para empresas de mineração e mostrar as formas de garantir a segurança do trabalhador dentro do setor de mineração.

2. METODOLOGIA

O procedimento metodológico empregado neste estudo foi uma revisão bibliográfica, realizada por meio de pesquisas qualitativas e descritivas. Os locais da busca dos conteúdos necessários à composição desta obra foram: artigos científicos, acadêmicos e bibliografias assinadas por autores usualmente apontados como texto base para assuntos relacionados ao problema inicialmente proposto. As pesquisas realizadas consideram, apenas, trabalhos publicados nos últimos 30 anos, a fim de proporcionar maior confiabilidade com relação as informações obtidas. As palavras-chave foram: segurança do trabalho, barragem de rejeitos, segurança em barragens de rejeitos.

3. BARRAGEM DE REJEITO DE MINERAÇÃO

De acordo com Curi (2017), a mineração é uma das atividades mais antigas da história da civilização humana, e desempenha um papel fundamental na busca do homem pela sobrevivência e conseqüente evolução, sendo imprescindível para a sociedade. Segundo a Confederação Nacional da Indústria – CNI (2017), a influência dos minerais sobre a vida e o desenvolvimento de um país está cada vez maior. Com o crescimento populacional, cada dia necessita de uma maior demanda de minerais para atender as necessidades da população e quanto mais as populações migram para os centros urbanos, mais aumenta a demanda por minerais.

Estima-se que no Brasil são produzidos cerca de 80 diferentes tipos de minérios, utilizando diferentes tecnologias para extração, todas essas tecnologias dependem de barragens para armazenar os rejeitos que resultam da atividade (ABCR, 2011). As barragens de rejeitos são estruturas projetadas por engenheiros, utilizadas como depósito de rejeitos provenientes do processo de beneficiamento de minérios.

Os rejeitos são materiais que sobram quando se separa o minério da rocha, esses materiais podem ser substâncias líquidas ou mistura de líquidos e sólidos. A barragem desempenha uma função de barreira para conter os rejeitos (VALE BRASIL, 2021). Na Figura 01, pode ser observado um exemplo genérico de uma barragem de contenção de rejeitos.

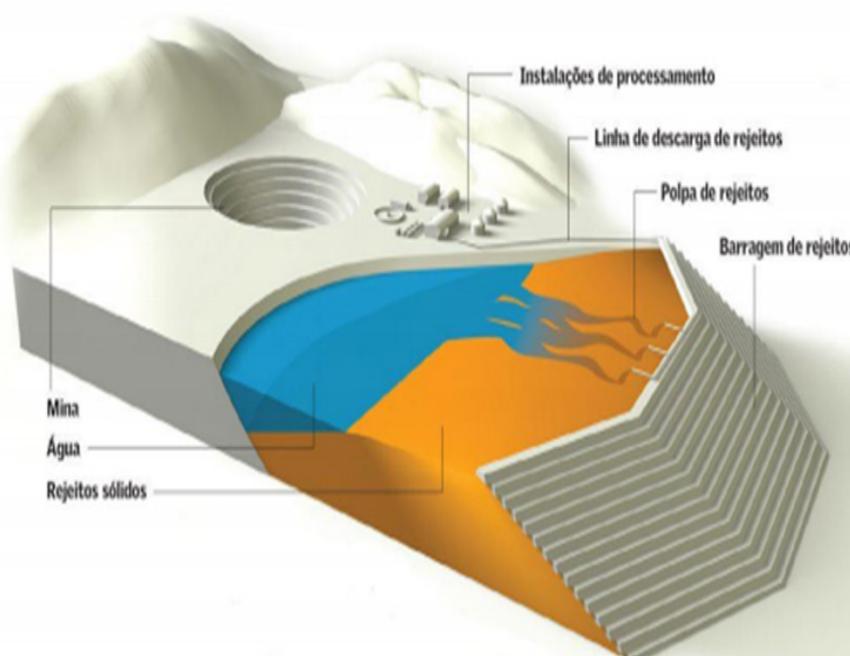


Figura 01- Esquemática de uma barragem de contenção de rejeito.

Fonte: Pereira (2016).

Pela Figura 01, é possível entender o funcionamento e a composição de uma barragem de contenção de rejeito. Nela, primeiro são instaladas as estruturas de processamento, as quais recebem o material proveniente das minas, e destinam os rejeitos para a linha de descarga e a polpa. Após esse processo, os rejeitos provenientes da mineração são destinados à barragem. Vale ressaltar que na linha de descarga, ocorre a predominância de água, enquanto na polpa, encontra-se maior concentração de rejeitos minerais sólidos.

3.1 Métodos Construtivos

Basicamente, existem três formas construtivas para a execução de barragens de rejeito, elas são: Método da jusante, Método de montante e Método da linha de centro (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

O método de jusante consiste em uma construção com metodologia de alteamento do barramento sempre a jusante. Nessa perspectiva, a Figura 02 apresenta um esquema simplificado de uma barragem à jusante (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016).

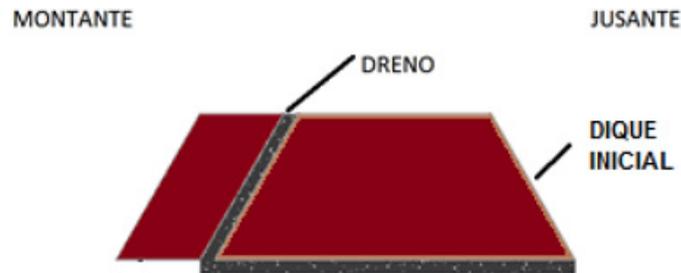


Figura 02- Estrutura inicial de uma barragem a jusante.

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Pela Figura 02 observa-se que os elementos principais da barragem a jusante são o dreno, usado para filtrar o escoamento e diminuir a linha freática, e o dique inicial, o qual possui a função de manter delimitações de solo seco através do represamento de água. Já na Figura 03, são apresentados os alteamentos posteriores da barragem, que possuem a função de elevar o nível da barragem conforme aumenta-se o volume de rejeitos.

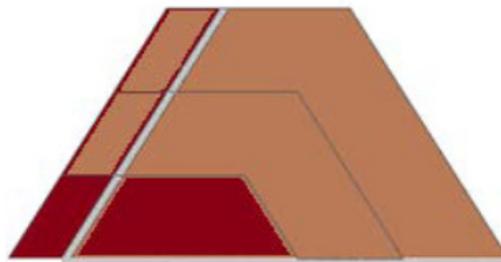


Figura 03- Barramento a Jusante.

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Segundo Passos (2009), as vantagens na utilização do método de jusante estão relacionadas à sua resistência a carregamentos dinâmicos, a qual deve-se ao fato de escalonar a construção sem interferir na segurança, o que facilita a drenagem, além de possuir uma baixa susceptibilidade de liquefação e simplicidade na operação.

O método de montante faz referência a uma construção e alteamento do barramento sempre à montante, a qual é executada sobre o volume de rejeito já consolidado (CARDOZO; PIMENTA; ZINGANO, 2016). Dessa forma, na Figura 04 é apresentada a estrutura inicial de um barramento à montante, com o dique inicial e a praia de rejeito.

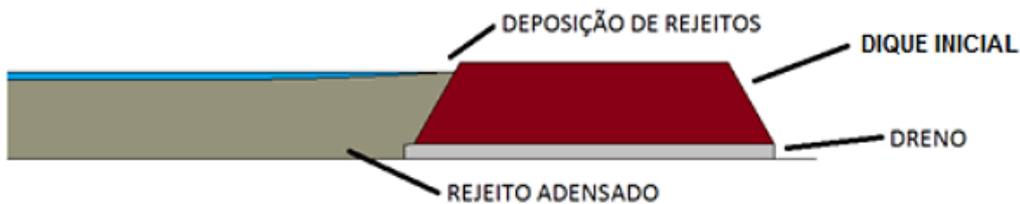


Figura 04- Estrutura inicial do barramento a Montante.

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Embora este seja o procedimento mais empregado pela maioria das mineradoras, o método de montante apresenta uma desvantagem, a qual é o baixo controle construtivo, tornando-se crítico principalmente em relação à segurança e à estabilidade (ARAÚJO, 2006). De acordo com os autores Martin e McRobert (1999), o método de alteamento à montante representa um desafio no âmbito geotécnico, já que as tensões induzidas e o potencial de liquefação não consolidam no material utilizado como fundação. Na Figura 05, observa-se os locais posteriores dos alteamentos que são realizados sob o rejeito.

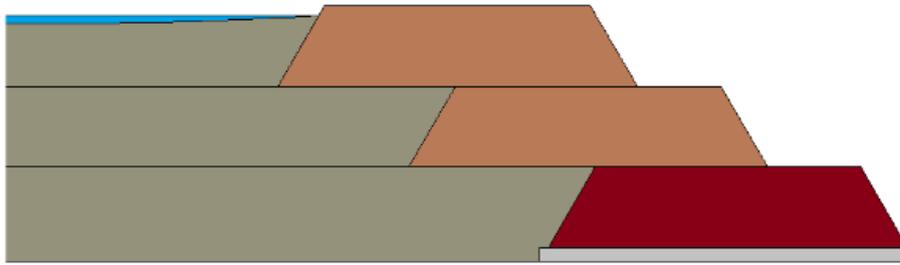


Figura 05- Barramento a Montante

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Pela Figura 05, percebe-se que a primeira estrutura construída, o dique de partida, é seguido dos alteamentos que atingem a linha de descarga. A linha de descarga, conforme aumenta, necessita da elevação dos alteamentos, para que estes sustentem o rejeito granular à montante.

Para Cardozo, Pimenta e Zingano (2016), o método da linha de centro é uma forma de construção e alteamento do barramento, tanto à montante quanto à jusante, acompanhando por um eixo vertical, o qual é chamado de linha de centro, que é feito sobre o rejeito depositado a montante e sobre o próprio barramento à jusante, sendo detalhado pela Figura 06.

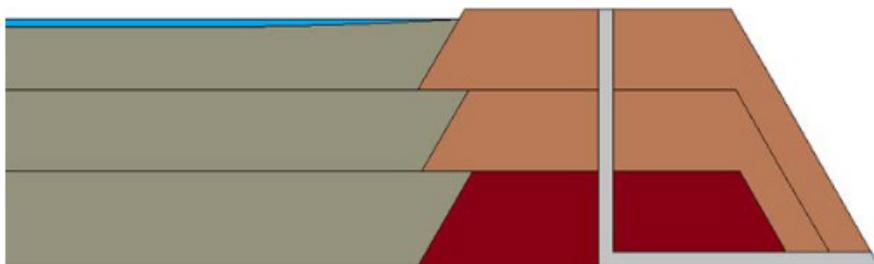


Figura 06- Barramento pelo método de Linha de Centro.

Fonte: Cardozo, Pimenta e Zingano (2016).

Diante do que foi exposto, o método da linha de centro é uma metodologia construtiva intermediária, que tenta minimizar as desvantagens entre o método de montante e o de jusante (PASSOS, 2009). Com isso, todas as metodologias apresentadas possuem seus

aspectos positivos e negativos, os quais devem ser analisados e adaptados seguindo os seus diferentes tipos de aplicações.

4. SEGURANÇA EM BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO

De acordo com Curi (2017), a segurança de uma barragem é de extrema necessidade por serem obras relacionadas a elevados potenciais de danos ao meio ambiente, riscos de vidas humanas e abalos econômicos, caso haja sua ruptura. Os recentes acidentes em barragens de contenção de rejeitos, comprovam a necessidade de se discutir e reformular os modelos de gestão de segurança de barragens de rejeitos por meio de entidades reguladoras e fiscalizadoras licenciadas, assim como as empresas de mineração localizadas em comunidades mais afetadas (MACHADO, 2017).

Para se usufruir de um ambiente de trabalho seguro, é de fundamental importância o conhecimento dos riscos existentes ao longo do processo produtivo. Já que os locais de trabalho, dependendo da natureza da atividade desenvolvida e das características de organização, manipulação ou exposição a agentes físicos, químicos, biológicos, situações de deficiência ergonômica ou riscos de acidentes, podem afetar a saúde e segurança do trabalhador, provocando lesões imediatas, doenças ou até mesmo a morte, além de prejuízos sociais e econômicos para a empresa (SESI – SEBRAE, 2005).

Para Silva (2011), a Segurança do Trabalho pode ser entendida como um conjunto de atividades antecipadas, promovendo o reconhecimento, a avaliação e o controle dos riscos a acidentes, ou seja, a prevenção dos acidentes de trabalho propriamente ditos, no qual é dever da organização promover segurança para todos os seus trabalhadores.

Ainda de acordo com Silva (2011), a primeira lei criada no Brasil para regulamentar as relações de trabalho foi criada em 1919. Essa lei reconhece a responsabilidade potencial do empregador de indenizar o empregado em caso de acidente no trabalho, ela foi regulamentada pelo decreto nº 13.498 de 12 de março de 1919 e em 1934 o decreto foi substituído pelo decreto nº 24.367 que garante mais rapidez nos processos de indenização. Em 1932 foram criadas as Inspetorias do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, que em 1940 se tornaram Delegacias Regionais do Trabalho.

Vasconcelos (2013) aponta que é importante reconhecer os riscos ambientais na mineração para a higiene e a segurança dos trabalhadores. No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) possui 35 Normas Regulamentadoras (NR's), dentre essas, uma é própria para a mineração, a NR-22. Se não houver a aplicação desta NR e das demais, como NR-6 e NR-9, o ambiente de trabalho torna-se uma ameaça à segurança e saúde dos trabalhadores.

Os riscos de acidentes na mineração encontram-se praticamente em todas as fases do processo, como no uso de explosivos, manuseio de máquinas e equipamentos, e queda de objetos. Identificar e focar as ações, para evitar a exposição aos riscos dentro da organização significa evitar perdas, tanto para as empresas quanto para os trabalhadores (RODRIGUES, 2004).

A partir do momento que ocorrem a perda de vidas e os impactos ao meio ambiente assustam toda uma nação e põem em análise a forma de atuação de funcionamento de um mercado, como ocorreu no setor de mineração do Brasil, as reflexões de possíveis melhorias na formatação regulatória precisam ser encorajadas e perseguidas.

A Política Nacional de Segurança de Barragens, que surgiu em 2010, impõe a atenção à participação popular e ao controle social na gestão da segurança aos responsáveis legais e reguladores. Dessa maneira, verifica-se que a abertura para a aplicação da teoria

responsiva, ancorada em redes de governança, com o objetivo de aprimorar o desenho regulatório instituído pela Agência.

Na conjuntura atual, os dois atores principais que possuem envolvimento direto com a regulação são as empresas mineradoras e a agência reguladora. Com isso, o que se verificou na prática com esse modelo é que há uma assimetria de informações tanto para os grupos interessados, como para o regulador, ocasionando um risco real de não existência de prestação de contas essenciais para a devida ação da entidade reguladora e do controle popular.

O âmbito de governança envolvida na regulação da gestão da segurança de barragens de rejeitos de mineração, além da Agência Nacional de Mineração (ANM) e dos empreendedores é composta dos seguintes atores: as defesas civis no âmbito do Sistema Nacional de Defesa Civil - Sinpdec¹⁵, os órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - Sisnama¹⁶, o Ministério de Minas e Energia- MME, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – Confea ou o Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - Crea, o Comitê Brasileiro de Barragens– CBDB, as ONGs defensoras do meio ambiente e os direitos humanos, as prefeituras, os governos estaduais, os empregados da empresa mineradora e a população atingida. Além desses órgãos reguladoras, o corpo de bombeiros e as polícias militares e civis são atores relevantes em caso de algum possível rompimento de barragem de mineração.

O CNRH estabelece todos os critérios gerais das categorias das barragens em aspecto geral, e tem o papel aglutinador e coordenador da PNSB, de forma que a atenção desse órgão às necessidades e dificuldades dos entes públicos na fiscalização da gestão da segurança das barragens de mineração, e de promoção da articulação entre os atores públicos, são importantes para a efetiva consagração dos objetivos da Política.

5. FORMAS DE GARANTIR A SEGURANÇA DO TRABALHADOR NO SETOR DE MINERAÇÃO

A mineração no Brasil é regida de acordo com o regulamento contido no Código de Mineração – CM. Todas as operações realizadas na mina precisam atender as condições mínimas de qualidade e segurança. Essas condições são estabelecidas em uma série de normas, chamadas Normas Reguladoras de Mineração – NRM. As NRM's têm como finalidade regular o aproveitamento dos recursos naturais e ainda consideram as condições técnicas e tecnológicas de operação, de segurança e de proteção ao meio ambiente, de forma a tornar o planejamento, além do desenvolvimento das atividades minerais, compatíveis com a busca de forma permanente da produtividade e da preservação ambiental, além da segurança e da saúde dos trabalhadores (TAVARES, 2013).



Figura 07- Exemplo de uma barragem.

Fonte: Pereira (2016).

Conforme o exemplo apontado pela Figura 07, de acordo com o porte das estruturas e os riscos associados a estas instalações, faz-se necessário um projeto bem elaborado e executado. Além disso, o monitoramento, desde o projeto até a saturação do empreendimento, deve ser contínuo, a fim de verificar, com antecedência, as possíveis anomalias que possam vir a fragilizar os elementos estruturais (PEREIRA, 2016).

O monitoramento das barragens de mineração é de responsabilidade do empreendedor e os registros devem ser armazenados e reportados aos órgãos competentes. A portaria 70389 divulgada em maio de 2017 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), aponta que as empresas detentoras de barragens de mineração, deveriam implementar um sistema de monitoramento de segurança com limite de 24 meses após a publicação deste documento. Além disso, a complexidade do sistema de monitoramento depende da classificação do Dano Potencial Associado (DPA), o qual caso seja considerado alto, onde exista população após a barragem com pontuação 10, e as características de construção contendo pontuação 10, exige que este acompanhamento seja integral, sendo de responsabilidade da empresa a escolha da tecnologia, dos instrumentos e processos de monitoramento (VIEIRA, 2017).

A instrumentação de barragens é importante para assegurar o constante monitoramento de suas estruturas, obtendo maior segurança e confiabilidade com relação a estabilidade deste empreendimento e, além disso, para cumprir os requisitos legais (VIEIRA, 2017). Com isso, é viabilizada, também, a segurança dos trabalhadores do local.

Para Pereira (2016), dentre os instrumentos mais comuns para realizar o monitoramento de barragem de rejeito, destacam-se:

- a) Deformímetro: medem a deformação do concreto e realizam a leitura da tensão atuante na estrutura da barragem;
- b) Inclinômetros: utilizados para medir movimentos horizontais, usado para controle de estabilidade de taludes; composto por uma haste cilíndrica com a presença de um sensor de inclinação em seu interior;
- c) Marcos superficiais: determinam deslocamentos horizontais e verticais por meio de levantamentos topográficos periódicos, os quais são realizados em relação a marcos de referência fixos instalados fora da área de influência da barragem;
- d) Medidores d'água e vazão: utilizados para conhecer a variação do nível d'água e a vazão;

e) Piezômetros: é um dos instrumentos mais importantes na segurança de barragens e tem como função determinar subpressões em maciços de terra ou rocha (VIEIRA, 2017).

Sabe-se que as regras de segurança e saúde são regulamentadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego o qual se utiliza de normas para assegurar que as diretrizes de trabalho e segurança sejam seguidas. São 36 as normas relacionadas ao ramo de mineração, setor onde as barragens são encontradas, dentre as principais, uma delas é a Norma Regulamentadora de número 22- NR 22.

A Agência Nacional de Mineração, a qual é uma agência reguladora federal, foi criada no dia 27/12/2017, através da Lei no 13.575. O normativo extinguiu o Departamento Nacional de Produção Mineral, que é uma entidade até então responsável pela regulação do setor de mineração.

O antigo Departamento, por sua vez, assim como a ANM, estava vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), e tinha a conformação de uma autarquia, criado em 1934, por meio do Decreto nº 23.979, e transformado em autarquia, pela Lei no 8.876/1997. Com isso, houve um lapso temporal de quase um ano entre a criação legal da agência por meio da lei de criação e o decreto de instalação, Decreto nº 9.587, de 27 de novembro de 2018, o qual instalou a atual ANM e aprovou toda a sua estrutura regimental.

A lei que criou a ANM foi editada já incorporando dispositivos da nova Lei nº 13.848, de 25 de junho de 2019, Lei das Agências Reguladoras, a exemplo da instituição de órgão colegiado como instância máxima decisória, previsão de mecanismos de transparência e de comunicação com partes interessadas, tais como consumidores e mercado regulado, e a previsão de realização da análise de impacto regulatório, audiências e consultas públicas.

De acordo com a PNSB, a fiscalização da segurança das barragens de mineração, cabe à entidade outorgante de direitos minerários para fins de disposição final ou temporária de rejeitos, que no caso da atividade mineral, é a ANM (art. 5º, III). Dentre suas atribuições legais, está a de regulamentar os processos administrativos relacionados com a outorga de títulos minerários, com a fiscalização de atividades de mineração e aplicação de possíveis sanções (art. 1º, VIII).

A atuação do órgão regulador federal deve ser exercida segundo objetivos preconizados no art. 3º, da Lei 12.334/2010 (Lei da PNSB), voltados a buscar condições para promover o monitoramento e acompanhamento das ações de segurança empregadas pelos responsáveis pelas barragens.

Para a Política, a segurança de barragens pressupõe a manutenção da sua integridade estrutural e operacional, bem como da preservação da vida, da saúde, da propriedade e do meio ambiente (art. 2º, III). Sendo assim, esse direcionamento induz as entidades reguladoras a buscarem um desenho regulatório que incentive e promova a interlocução e articulação estruturada da rede de governança de cada empreendimento.

Por meio de estudos realizados por Arnez (1999), a avaliação estatística apresentada em seu trabalho sobre acidentes de barragens de rejeitos ocasionados por fatores geológicos e geotécnicos mostrou que as maiores causas de ruptura de barragens de rejeito são a liquefação e a ocorrência do processo de piping.

As causas de ruptura pelos fenômenos de liquefação e piping têm sua origem relacionada diretamente às forças de percolação sobre o solo ou rocha (ARNEZ, 1999). Quando a água que percola pelo corpo da barragem não é drenada com eficiência, a pressão neutra poderá sobrevir, afetando toda a estabilidade dos seus taludes. Por esta razão, o controle do lençol freático é de suma importância no projeto da barragem (VIANA, 2010).

Além desses dois fenômenos citados como causas mais frequentes de falhas de barragens de rejeito, o fenômeno de galgamento, ou *overtopping*, também é citado por outros autores como um mecanismo comum de rupturas. Pelo fato desses modos de rompimento serem causas de mortes e impactos ambientais de grande proporção e prejuízos vultosos para as mineradoras, eles serão abordados mais detalhadamente, fornecendo informações sobre as suas características bem como os mecanismos que dão origem às instabilidades (VIANA, 2010).

O principal objetivo da instrumentação é fornecer dados sobre o comportamento das estruturas de uma barragem, visando verificar possíveis anomalias que possam ameaçar a sua segurança (VIANA, 2010).

Para Viana (2010), os principais parâmetros que acompanham o desempenho da barragem e cuja evolução pode ser monitorada pela instrumentação geralmente incluem: pressões neutras, vazão de jusante, pluviometria e nível d'água do reservatório. O monitoramento desses parâmetros, quando bem executados, constitui um meio eficaz na previsão do comportamento da barragem e adoção de medidas corretivas (VIANA, 2010).

Todavia, as boas condições de segurança de uma barragem não dependem apenas de um bom projeto de instrumentação, mas deve ser complementada com inspeções visuais periódicas de campo (VIANA, 2010). Com isso, a inspeção visual tem como objetivo identificar anomalias ou preocupações que afetam a segurança da barragem e eliminá-las ainda em estágios iniciais, antes de se tornarem complexas.

Mesmo que não haja nenhuma anomalia visível ou mesmo que já estejam fora de operação, as barragens devem ser inspecionadas regularmente em todas as suas estruturas, pois uma vigilância contínua e rigorosa constitui uma base segura protegendo a barragem contra os riscos de ruptura (VIANA, 2010).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As barragens de rejeitos minerais são complexas e grandes estruturas que demandam medidas incisivas de segurança e monitoramento, com o intuito de garantir aos colaboradores um ambiente estável e livre de possíveis acidentes. Diante do que foi exposto, é imprescindível que as Normas Regulamentadoras que regem a segurança desse tipo de estrutura sejam aplicadas de forma efetiva, junto com a fiscalização ativa dos órgãos competentes.

A mineração diz respeito a uma atividade de extrema importância para a economia do país e, para que seja empregada da forma correta, deve seguir as melhores metodologias aplicadas para a segurança de barragens, que são àquelas preventivas, de modo a prevenir que não ocorram futuros imprevistos quanto a segurança da estrutura.

Para o adequado monitoramento da barragem é vital ter conhecimento dos tipos de anomalias mais frequentes que se desenvolvem nas barragens. Ao longo da sua vida útil, algumas de suas características estruturais podem ser alteradas, sejam elas resultantes do processo de envelhecimento ou por fenômenos naturais como enchentes, terremotos e deslizamentos.

Referências

- ABCR. **Relatório Anual de Sustentabilidade**. 2011. Disponível em: <https://abcr.org.br/institucional/biblioteca/relatorios>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- ARAÚJO, C. B. **Contribuição ao estudo do comportamento de barragens de rejeito de mineração de ferro**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- ARNEZ, V, F, I. **Avaliação das principais causas de acidentes em barragens de contenção de rejeitos devido a fatores geológicos e geotécnicos**. 1999. 88p. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- BRASIL. **Decreto-Lei N° 227**. Brasília, 28 fev. 1967.
- BRASIL. **Decreto N° 9.587**. Brasília, 27 nov. 2018.
- BRASIL. **Lei N° 12.334**. Brasília, 20 set. 2010.
- BRASIL. **Lei N° 13.848**. Brasília, 25 jun. 2019.
- BRASIL. **Portaria N° 70.389**. Brasília, 17 maio 2017.
- CARDOZO, Fernando Alves Cantini; PIMENTA, Matheus Montes; ZINGANO, André Cezar. **MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE BARRAGENS DE REJEITOS DE MINERAÇÃO: UMA REVISÃO**. *Holos*, [S.L.], v. 8, n. 32, p. 77-85, 9 maio 2017. Instituto Federal de Educacao, Ciencia e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).
- CURI, Adilson. **Lavra de Minas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- GUERRA, M. de O. **Qualidade como Fator de Melhoria da Performance de Auscultação e Monitoramento de Barragens**, Dissertação (Mestrado). Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação – UNICAMP, Campinas, SP, 1996.
- MACHADO, William Gladstone de Freitas. **Monitoramento de barragens de contenção de rejeitos da mineração**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2017.
- MARTIN, T. E., MCROBERTS, E. C. **Some considerations in the stability analysis of upstream tailings dams**. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Tailings and Mine Waste*, Vol. 99, 287-302.
- PASSOS, N. C. S. T. Barragem de Rejeito: **Avaliação dos Parâmetros Geotécnicos de Rejeito de Minério de Ferro utilizando Ensaios de Campos**–Um Estudo de Caso. Trabalho de Conclusão de Curso Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- PEREIRA, Oniwendel F. M. **Análise da classificação de barragens de contenção de rejeitos no Brasil, quanto ao critério de categoria de risco**. Instituto Tecnológico Vale, 2016.
- RODRIGUES, Gilson Lucio. **Poeira e ruído na produção de brita a partir do balsato e gnaisse na região de Londrina e Curitiba, Paraná**: incidência sobre trabalhadores e meio ambiente. 2004. 171 p. Tese (Doutorado) Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 2004. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/7290>. Acesso em: 21 abr. 2022.
- SESI – SEBRAE. **Dicas de prevenção de acidentes e doenças no trabalho**. SESI DN, 2005. Disponível em: http://www.hunifome.com.br/Cartilha_SESI%20SEBRAE_2005%20Dicas_SST.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.
- SILVA, Ana Beatriz Ribeiro Barros. **Acidentes, adoecimento e morte no trabalho como tema de estudo da História**. In: OLIVEIRA, TB., org. *Trabalho e trabalhadores no Nordeste: análises e perspectivas de pesquisas históricas em Alagoas, Pernambuco e Paraíba* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2015, pp. 215- 240. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/vxv85/pdf/oliveira-9788578793333-09.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- SILVA, André Luiz Cabral da. **A Segurança do Trabalho como uma ferramenta para a melhoria da qualidade**. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8206>. Acesso em 22 abr. 2022.
- TAVARES, Wilton da Costa. **As implicações da recuperação das áreas degradadas no processo de fechamento de mina a céu aberto no estado do Tocantins**. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Minas). Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO, 2013.
- VALE BRASIL. **O que são barragens**. 2021. Disponível em: http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Documents/PT/entenda-as-barragens-da-vale-pt.html. Acesso em: 24 abr. 2022.
- VASCONCELOS, Sandra Carla Souto; VASCONCELOS, Carlos Itamar Souto; MORAES NETO, João Miguel. **Riscos ambientais causados na extração mineral**: Estudo de caso em uma mineração à céu aberto. Rio de

Janeiro: Polêmica, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 821-829, dez. 2013.

VIANA, Katianne Araújo. **Segurança de Barragem de Rejeito na Mineração**. 2010. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Pará, Marabá, 2010.



44

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ORGANIZAÇÕES

*THE IMPORTANCE OF QUALITY MANAGEMENT FOR THE
DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONS*

Rayra Nascimento Sousa

Resumo

O presente trabalho abordou sobre a importância da gestão de qualidade para o desenvolvimento das organizações, assim como a aplicação das ferramentas de qualidade para o planejamento e gestão empresarial, onde se buscou compreender os processos de atualização do mercado, visto que o mesmo está cada dia mais competitivo e tem exigido das empresas uma melhor gestão da qualidade e prestação de seus serviços, tendo como foco principal a satisfação do cliente. Nesse sentido a utilização das ferramentas da qualidade representa um apoio necessário para as organizações, visto que as mesmas buscam a melhoria contínua dos processos de tomada de decisão, pois influenciam na aplicação de métodos de melhoria para competirem no mercado. O principal objetivo buscou analisar através de revisões bibliográficas a importância da aplicação da gestão da qualidade para o desenvolvimento e permanência das organizações no mercado. O trabalho foi elaborado através da metodologia de estudo bibliográfica e teórica, levantamento de informações sobre esta temática em artigos, livros, revistas e relatórios periódicos desenvolvidos nos últimos anos. Dentro desse contexto que o trabalho desenvolvido busca encontrar a real percepção da qualidade e quais os pontos positivos e negativos as empresas podem melhorar utilizando a aplicação das ferramentas.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade. Ferramentas da Qualidade. Organizações. Desenvolvimento. Mercado.

Abstract

This work addressed the importance of quality management for the development of organizations, as well as the application of quality tools for business planning and management, where we sought to understand the processes of updating the market, since it is every day more competitive and has required companies to better manage quality and provide their services, with customer satisfaction as the main focus. In this sense, the use of quality tools represents a necessary support for organizations, since they seek continuous improvement in decision-making processes, as they influence the application of improvement methods to compete in the market. The main objective sought to analyze through bibliographic reviews the importance of the application of quality management for the development and permanence of organizations in the market. The work was elaborated through the bibliographic and theoretical study methodology, gathering information on this theme in articles, books, magazines and periodic reports developed in recent years. Within this context, the work developed seeks to find the real perception of quality and which positive and negative points companies can improve using the application of the tools.

Keywords: Quality management. Quality tools. Organizations. Development. Marketplace.



1. INTRODUÇÃO

A gestão de qualidade passou a ser um requisito obrigatório para todas as organizações, isso porque a gestão facilita a satisfação dos clientes assim como contribui para o processo de competitividade, lucratividade e permanência no mercado. A gestão da qualidade pode ser definida como uma ferramenta estratégica, que tem como principal objetivo promover a visão sistêmica da empresa, buscando alinhar as práticas e os conceitos ganhando assim reconhecimento e estabilidade.

As ferramentas da gestão da qualidade contribuem para o controle e nos processos organizacionais, contribuindo nas finanças e no processo produtivo. É necessário ressaltar que para uma organização manter a qualidade em seus produtos e serviços, ela necessita suprir todas as necessidades e expectativas de seus clientes. Investir em ferramentas que garantam a excelência na prestação de serviços e na produção dando continuidade a busca pela melhoria contínua dos processos.

As organizações empresariais fazem à aplicação das gestões voltadas a qualidade e confiabilidade como forma de minimizar os problemas ocasionados pela competitividade que o mercado possui e assim obterem o sucesso, mantendo o foco na produção, pois será ela a responsável pela criação e desenvolvimento dos bens e serviços, sendo os mesmo a razão de a organização vir a existir. É através dessa avaliação que surge uma problemática a ser analisada: Qual a importância da gestão da qualidade para as organizações se manterem no mercado?

O objetivo geral busca analisar através de revisões bibliográficas a importância da aplicação da gestão da qualidade para o desenvolvimento e permanência das organizações no mercado. Já os objetivos secundários buscam: estudar o conceito de gestão da qualidade, compreender quais são as principais ferramentas da gestão da qualidade e identificar os principais benefícios que a gestão da qualidade possibilita para as organizações.

Para elaboração deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada nas obras dos autores Araújo (2010), Campos (1990), Paladini (2009) entre outros citados no decorrer do desenvolvimento. Foi realizado também o levantamento de informações sobre esta temática em artigos, livros, revistas e relatórios periódicos desenvolvidos nos últimos anos. Sobre os materiais impressos, serão observados os sumários para sinalizar que tratam do assunto em questão. Para ambos, os descritores procurados foram: “Gestão da Qualidade”, “Ferramentas da Qualidade”, “Organizações” e “Mercado”.

2. GESTÃO DA QUALIDADE

Quando se fala em Gestão da Qualidade deve se ter em mente o conceito de gerência focada na voltada à qualidade da produção, onde as empresas buscam novas ferramentas de gestão interna e externa para aperfeiçoar seus processos, visando à obtenção de mais lucros, melhor controle de recursos e custos. É dentro dessa realidade que as empresas alinham a produtividade para estarem sempre firmes dentro do mercado financeiro (BRAGA, 2008).

Segundo Paladini (2009, p.13), na década de XX, as empresas começaram a investir na qualidade e no controle de seus produtos. Em um primeiro momento não havia a cultura desse tipo de planejamento, mas com o passar do tempo surgiu a necessidade de controlar esses investimentos e procurar melhorias que pudessem trazer melhorias para todos

os setores. O mercado trouxe consigo uma competitividade avassaladora, onde sobrevivia o que tinha a melhor oferta a oferecer.

Com o passar do tempo os clientes também começaram a exigir mais e conseqüentemente as empresas começaram a pensar em uma forma de melhoria para seus serviços. As organizações foram obrigadas a pensar em três princípios fundamentais: cliente, qualidade e aquisições. Onde o cliente passou a ser analisado de acordo com sua procura e satisfação, passando a ser analisado em diversos pontos, a qualidade do produto oferecido e o preço ofertado, e as empresas tentaram se adequar a esse tipo de exigência, porém procurando manter-se no mercado com um custo-benefício mais em conta para sua sobrevivência (DRUCKER, 1995).

Segundo Araújo (2010), tem uma forma de argumentação onde se tem duas formas de se obter a competitividade, utilizando o baixo custo ou pela diferenciação do produto ofertado. Esse diferencial deveria ser obtido através da qualidade. É justamente esse processo de qualidade que deve ser avaliado minuciosamente em todos os setores da empresa, para que fossem trabalhados e pudessem obter melhores resultados.

De acordo com Barros (1996), para se ter uma melhor qualidade do fornecimento dos produtos e dos serviços ofertados, era preciso bolar estratégias de controle de custos, caso contrário a empresa poderia ter prejuízos incalculáveis, podendo chegar até a decretar falência. Campos (1990, p. 133), fala que: “todos os objetivos de criar um gerenciamento sobre os custos da qualidade precisam ter conhecimento, proporção, avaliação e controle dos orçamentos empresariais”.

2.1 Conceito histórico e evolução

Logo após o fim da Primeira Guerra Mundial, as indústrias começaram a passar por um processo de revolução. Com o aumento das empresas e as mudanças no cenário econômico, começou-se o processo de expansão dos negócios deixando de lado a produção isolada e iniciando um novo conceito de integralizado.

Segundo Chamon (2008) conceitua que essa revolução fez com que o trabalhador perdesse total controle sobre a produção da qualidade final de seus produtos, tornando-se apenas uma parte responsável apenas de todo o processo avaliativo. Isso acarretou uma má qualidade dos produtos e conseqüentemente fez com que a qualidade dos produtos piorasse.

Após a Segunda Guerra Mundial, começou o a aceleração do processo tecnológico da qualidade, onde era necessário se criar conceitos básicos de qualidade. Com isso os japoneses começaram a reconstruir o país, criando novas possibilidades de ingressar no mercado e recuperar a reputação e o respeito que possuíam logo após o fim da guerra (CHIAVENATO, 1999).

Em 1995 o Sindicato Japonês de Cientistas e Engenheiros (*Japanese Union of Scientists and Engineers*) fez um convite para um estatístico americano Willian E. Deming para ir até o Japão ministrar palestras para líderes de grandes empresas. Campos (2004, p.140) afirma que havia o intuito de melhorar a produção e a qualidade dos produtos oferecidos pelas empresas que estavam tentando um processo de reconstrução no mercado. Deming ensinou aos japoneses que: “eliminam seus defeitos, analisem os erros até encontrarem a fonte de seus erros, façam as correções necessárias e registrem todos os acontecimentos posteriores a correção.” Os japoneses assimilaram todos os ensinamentos, principalmente os vinculados à qualidade do produto ofertado aos clientes.



Segundo Chiavenato (1999) o conceito da qualidade iniciou-se a partir desse processo de entendimento da necessidade de melhorar o produto oferecido. Isso ocasionou em uma preocupação prioritária dentro das bases japonesas, dando origem às fases de criação do conceito da qualidade, esse processo deu surgimento a uma melhora contínua.

Deming (1990) afirma que logo depois da fase de início surgiu o processo de inserção da qualidade, onde outro americano chamado de Joseph Juran, que também era americano igual ao Deming, apresentou aos japoneses as primeiras técnicas da qualidade para aplicação dentro de suas produções. Juran foi quem acabou liderando esse processo de mudança usando a aplicação da qualidade. Antes disso as atividades que tinham como base aspectos apenas tecnológicos vinculados as fabricam e passaram a ser completo ou holístico, dando assim origem à chamada Gestão de Qualidade Total.

Segundo o Dicionário Michaelis a derivação da palavra “qualidade” vem do latim *qualitate* que significa atributo, condição natural a propriedade pela qual algo ou alguém pode se individualizar, ou seja, destacar-se sobre os demais. Esse termo também pode expressar o grau de perfeição, concordância e exatidão sobre um determinado padrão. Em uma maneira mais simplificada como designa o Dicionário Aurélio, é o modo como algo ou alguém se porta, seja com superioridade ou com excelência (VERGUEIRO, 2002).

De acordo com essa definição Vergueiro (2002), pode por sua vez afirmar que o processo de qualidade aplicado dentro do ambiente empresarial faz uma comparação a certos atributos, que servem de avaliação para esferas quantitativas e qualitativas. É de fundamental importância que a avaliação da qualidade seja observada não apenas pelo grupo que impõe as metas a serem atingida, mas também pelo público-alvo que é o receptor em questão.

Qualidade é “satisfação do cliente”. Porém, a obtenção da qualidade total só é possível através de uma visão sistemática de todos os agentes envolvidos em qualquer processo produtivo (bens ou serviço). São eles: o próprio cliente, que é o agente que deflagrar todo o processo, para onde todas as etapas deste processo devem estar focadas. O acionista, os empregados, os fornecedores e os clientes. Os empregados, que são os agentes responsáveis em produzir e fornecer a qualidade que o cliente deseja, merecendo, portanto, que a empresa tenha uma política de recursos humanos bem desenvolvidos (REZENDE, 2010).

Dessa forma a qualidade de uma empresa será controlada através de processos específicos, esse de recurso busca por sua vez fazer a transformação do produto ou da prestação do serviço solicitado pelo cliente algo de extremo cuidado. O controle do nível de qualidade é controlado através desses processos. Dessa forma a proposta da gestão de qualidade é identificar, averiguar, organizar e gerenciar os processos da empresa, com a finalidade de garantir a qualidade de seus serviços ou produtos oferecidos (PEREIRA, 1997).

Para Martin (1996), dentro do contexto de administrar a empresa, torna-se imprescindível a ação de quatro fatores centrais, que são: a natureza, capital, trabalho e pôr fim a empresa. Todos irão assim, influenciar na constituição do produto, pois enquanto a natureza fornece os insumos necessários, o capital fornece o dinheiro a ser utilizado, o trabalho será realizado pela mão-de-obra que transforma, criando assim, toda uma estrutura de produção, tendo na empresa a matriz de todas as ações.

Com a crescente de todos os processos e a constante mudança e evolução de todas as ações hoje desenvolvidas, tal forma de gestão torna-se essencial, visto que, procura-se ver a instituição como um todo no processo produtivo, instituindo métodos de ação que sempre visem integrar e assim, fazer com que todos interajam direta ou indiretamente de tudo que se busca desenvolver (LOJKINE, 1999).

Para Carpinetti (2010) para que haja uma melhoria radical dentro do ambiente organizacional, é necessário que haja alterações inveterais de acordo com o conceito ou projeto do produto ou processo aplicado em uma determinada organização. Não é necessário que haja um impedimento desse tipo de ação radical, apenas porque não houve uma complementação de uma ação de melhoria. É fundamental estudar quais os pontos que precisam de melhoria e nada impede que essas mudanças deixem de somar na qualidade da organização.

Dentro desse contexto de melhoria, existem os meios que facilitam a identificação e gestão das mesmas, são os chamados métodos e ferramentas. Os métodos aplicados são sequências de lógica que servem para atingir a meta desejada, as ferramentas por outro lado são recursos a serem utilizados dentro dessa criação de métodos. Em uma breve apresentação, irei resumir o método apresentado como Ciclo PDCA e as sete ferramentas básicas de qualidade (CHAMON, 2008).

Gil (1993) afirma que em meados da década de 20 por Walter Shewhart e disseminado na década de 50 por Deming, o ciclo de PDCA é também chamado de Ciclo de Deming, é um método mais unânime de processo de melhoria permanente. Consistindo assim em quatro etapas: Planejar, Executar, Verificar e Agir. As letras que fazem parte do nome do ciclo têm origem nas etapas da língua inglesa, que são: *Plan, Do, Check e Act*.

Quando se trabalha o planejamento são utilizados diversos métodos avaliativos, que buscam investigar as causas origens, sugerir e planejar soluções. Para a segunda etapa que trabalha o processo de execução, é necessário que seja feita uma preparação das tarefas que irão ser feitas anteriormente, algo planejado e de caso pensado. Na terceira etapa, é onde se inicia a coleta de dados, nesse processo são feitos os comparativos dos resultados e das metas que foram planejadas anteriormente. A quarta e última etapa, faz parte da correção dos acertos e observação de possíveis desvios que ocorreram durante o planejamento, para que então sejam implantadas as ações de melhoria (CAMPOS, 1990).

Quando se trabalha as ferramentas de qualidade, se tem a necessidade de entender sobre as técnicas de estatística e gerenciais que compõem e auxiliam na análise avaliativa da empresa. Essas por sua vez servem como informações necessárias para a resolução das problemáticas enfrentadas no dia a dia da empresa, tendo como principal função avaliar de forma qualitativa e quantitativa. Faz uma breve avaliação das Sete Ferramentas Básicas da qualidade e as Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade, temos as mais conhecidas no mundo empresarial que são: Estratificação, Folha de verificação, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de dispersão, Gráfico de controle e a Análise de Pareto (GARVIN, 1997).

Essa listagem acima assim como já sugerido no parágrafo anterior, são as ferramentas de simples utilização. Pois proporcionam as possibilidades de uso de forma igual para qualquer empregado da empresa, procurando facilitar a implantação da melhoria permanente em todos os ambientes organizacionais.

A utilização dessas ferramentas é de fácil acesso, pois ajuda a proporcionar que uso das mesmas seja feito por qualquer funcionário da empresa. É um entendimento mais simplificado e com conformidade, o que deixa claro que todas as áreas devem trabalhar esse processo de melhoria, como forma de adquirir não só apenas um bom ambiente de trabalho, mas como também aumentar as chances de crescimento dentro do setor em que foi implantado o projeto.

Hoje, na era da informação o desenvolvimento de uma gestão da qualidade cada vez mais dinâmica, proativa e interligada em tudo que se passa ao seu redor é fundamental, pois assim, busca-se programar e constantemente se aprimorar todos os processos aplica-

dos, tendo no conhecimento, habilidade e competência três fatores centrais.

É importante lembrar, que a gestão da produção surge como uma forma de se planejar, coordenar e controlar todos os insumos e recursos utilizados pelas empresas em seu processo produtivo, sendo assim, responsável pela empresa como um todo, indo desde a gestão de pessoas, equipamentos, tecnologia, entre outros fatores, todos influenciadores na constituição e obtenção dos bens e serviços produzidos (CARPINETTI, 2010).

Dessa forma, a mesma pode ser tratada como uma ferramenta estratégica, buscando compreender toda sua estrutura seja física ou de pessoal e assim, aplicar políticas e métodos de ação em todo processo produtivo, tendo no sucesso o foco de tudo que se é aplicado. Segundo Gonzalez (2006), para que haja uma melhora no desempenho da empresa é sempre necessária a aplicação do processo de melhoria, mas para que isso ocorra à despesa de investimentos em todos os setores. Geralmente são bastante modificados os conceitos iniciais que a empresa carrega desde sua criação. Para que esse tipo de ação seja tomado, são necessárias decisões importantes. Pois envolvem reações e alto risco e algumas possibilidades de perda. Para que se tenha melhora, é fundamental contextualizar melhor o desempenho, através de estudos que avaliem de forma certa qual a necessidade de melhor um determinado ponto (GOUILLART; KELLY, 1995).

A implantação não é apenas hoje com o advento de novas tecnologias e um mercado cada vez mais implacável por resultados, mas também anteriormente, sempre foi visto como fator preponderante para o sucesso ou insucesso de toda e qualquer organização, visto que, possui influência direta sobre os resultados obtidos.

De acordo com Deming (1990), a gestão de operações ou gestão da produção passa a ter papel de destaque dentro do contexto organizacional, pois tem função imprescindível no sucesso de tudo que se é desenvolvido, tornando assim, viável os objetivos de produção, criando todo um ciclo organizacional reunindo mão-de-obra, insumos e recursos, todos voltados ao sucesso no processo produtivo. Dentro do ambiente organizacional, tendo como foco a boa instituição e desenvolvimento de métodos voltados a produção, no intuito de que se concilie a produção a todos os métodos e políticas instituídas é de fundamental importância três fatores, que são: Finanças; Produção e o Marketing.

Segundo Galuch (2002) são assim instituídas formas que conciliem tais pontos, tendo como base um sistema produtivo cada vez mais amplo e conciso, buscando relacionar todo o capital financeiro, ao processo de produção e assim a promoção do produto ao público final, sendo esse o ciclo fundamental para se ter uma gestão de produção amplamente desenvolvida. As organizações empresariais tomam esses três fatores como fases para se obter o sucesso, tendo na produção a questão central, pois será ela a responsável pela criação e desenvolvimento dos bens e serviços, sendo os mesmo a razão de a organização vir a existir.

É importante lembrar, que cada organização possui sua forma de instituir e gerenciar todos os seus processos produtivos, mas todos seguem a mesma linha de ação, sempre se amparando em leis e políticas de produção pré-estabelecidas. O sucesso da gestão da qualidade passa pelas mais variadas fases tendo no sistema de produção o foco de todas as ações, ele será assim, o coração da organização, pois instituirão processos e métodos, todos adotados no contexto empresarial. A consonância de todo sistema produtivo, juntamente com as necessidades dispostas se torna assim parte central, pois cria-se um ambiente em que a produção interage diretamente com a organização e seus mais variados setores (MESQUINTA; ALLIPRANDINI, 2003).

Quando se fala em sistema de produção, chegamos à questão, “produzir mais e produzir com qualidade” esse é um ponto hoje muito discutido, o que leva a análise de todos

os processos hoje difundidos. A produção passa a ser tratada como o centro de todas as ações empresariais, que buscarão analisar todo meio e assim sempre programar os processos aplicados.

Para Meireles (2001) é necessário se preocupar com o desenvolvimento de longo prazo de processos e recursos, buscando conciliar competência no sistema produtivo, no intuito de que a organização crie vantagens produtivas que a tornem competitiva em um mercado cada vez mais mutável. As decisões começam assim a serem traçadas pensando na organização como um todo.

É assim que são estabelecidas ações e decisões, definindo o papel, objetivos e atividades da produção, criando toda uma estrutura de suporte às mais variadas ações aplicadas. Diante desta busca pela melhora na qualidade dos serviços, as empresas passaram a definir quais seus reais objetivos utilizando as ferramentas da qualidade.

3. AS FERRAMENTAS DA GESTÃO DA QUALIDADE

A sociedade tem obtido cada vez mais consumidores exigentes na qualidade de seus produtos, como consequência disso as empresas necessitaram buscar a implantação de programas de qualidade para melhorar os processos de atendimento ao cliente e mais eficiência no processo operacional. O objetivo das empresas é alcançar a eficiência e a qualidade necessária para atender a todas as demandas externas e internas das empresas, a aplicação das ferramentas da qualidade serve como principal monitoramento e controle dos processos produtivos.

Segundo Bernardelli, Ferreira e Gonçalves (2009), com o avanço tecnológico os consumidores se tornaram mais exigentes em relação a diversos segmentos empresariais, com o passar dos anos o uso da internet fez com que a forma do cliente se portasse diante de determinadas situações também mudasse um pouco. A forma como o padrão de produção é apresentada ao consumidor, mantém influência em diversos pontos na hora da aquisição do produto.

Souza (2003) define a aplicação das ferramentas de qualidade como uma das chaves principais para orientar e melhorar a eficiência de qualquer empresa que tenha como objetivo primordial o crescimento dentro do mercado e o aumento na lucratividade. Para garantir a eficiência dos negócios, as empresas necessitam manter a prestação de serviço e produção alinhada, onde é preciso ter um equilíbrio dentro do processo de perda de tempo e nas falhas dos custos.

O autor relaciona à questão de o processo de qualidade gerenciar as organizações, tendo a intenção de melhorar os negócios às técnicas aplicadas nas atividades internas. Com esse tipo de organização a satisfação dos consumidores pode aumentar cerca de 80% em relação ao que diz respeito a prestação de serviço. No mercado os investimentos podem gerar uma excelente rentabilidade, possibilitando assim o aumento na liderança, na competitividade e na produção total, além de acarretar a diminuição de custos antes considerados elevados.

Os gestores empresariais têm como apoio na tomada de decisões os fatos e os dados que são fornecidos por todos os setores para auxiliarem no processo de gerenciamento interno e externo. Todas essas informações têm como foco principal manter a qualidade e a produtividade do negócio, permitindo assim uma visão mais ampla de determinados fatores contribuintes para o processo de melhoria empresarial. As informações apresentadas devem ser analisadas de maneira minuciosa, para que possam interpretar e identificar



os pontos falhos e as lacunas que devem ser melhoradas, dando aos gestores a possibilidade de melhorar os pontos negativos e eliminar os chamados empirismos (MARIANI et al., 2005).

Dessa forma segundo Mariani et al. (2005), toda a obtenção dessas informações é feita através de técnicas eficazes e extremamente importantes, conhecidas como Ferramenta da Qualidade, é através delas que é possível coletar e processar informações mais claras e precisas.

Segundo Lucinda (2010), com a crescente demanda no processo de atividades organizacionais o aumento no grau de dificuldades para solucionar problemas de produção aumentou bastante. Em decorrência desses problemas as empresas começaram a exigir de seus gestores a aplicação de intervenções multidisciplinares que dessem soluções a esses problemas, já que apenas uma pessoa não estava conseguindo contornar determinadas situações organizacionais consideradas mais complexas, gerando a necessidade de uma ação coletiva para a resolução dos problemas.

Dessa forma as ferramentas da qualidade começaram a entrar em cena, dando uma potencialização dentro das habilidades desenvolvidas pelas equipes empresariais. Essas equipes necessitaram montar um certo método de desenvolvimento de descobertas de possíveis soluções e com isso criaram a identificação das chamadas ferramentas.

Porém é válido ressaltar que para que se chegasse na aplicação das ferramentas da qualidade, foi necessário compreender o conceito da qualidade, que mede a importância da aplicação das ferramentas da qualidade dentro dos processos produtivos e facilita avanço da empresa no quesito competitividade de mercado (GALUCH, 2002).

As ferramentas da qualidade podem ser vistas como métodos apropriados que levam através de seus dados à identificação e a abrangência da real causa dos problemas, esses fatores ocasionam na resolução dos problemas e na eliminação de possíveis recaídas dos mesmos. Para que sejam tomadas decisões corretas, é necessário que os problemas sejam analisados de maneira correta, assim é possível encontrar a nascente e os fatos que influenciaram no problema.

Para Godoy (2009) designa as ferramentas da qualidade como todos os processos que são empregados para a obtenção de melhorias e potencialização de resultados positivos, permitindo assim uma melhor exploração da prestação de serviços e vendas de produtos dentro do mercado competitivo.

A maioria das ferramentas é constituída de estudos gráficos, que buscam evidenciar com mais precisão as questões que analisam a solução ou técnicas que identifiquem o problema desde o princípio. O uso de gráfico é bastante comum nesse tipo de análise mais sucinta e precisa (VERGUEIRO, 2002).

Lins (1993, p.153) citado por Vergueiro (2002) faz a diferenciação das ferramentas da qualidade em básicas e complementares, onde as ferramentas básicas são instrumentos que analisam e busca a solução do problema, já a complementares dão suporte às ferramentas básicas caso haja a necessidade de ir mais a fundo na investigação da possível causa do ocorrido.

Para Mezomo (1995, p.134) faz uma citação composta em dados de Vergueiros faz a distinção das ferramentas em estratégica (parte administrativa) onde sua composição é feita por instrumentos que geram ideias e fazem a classificação de fenômenos baseados nas coletas de dados e com isso estabelecem algumas prioridades dentro do processo administrativo, produtivo e na prestação de serviços e as estatísticas (parte quantitativa) que são as ferramentas que servem para medir o desempenho que está sendo exposta por

dados das mais diferentes modos, com a finalidade de evidenciar com precisão a tomada de decisão e a procura pela melhor qualidade.

Segundo Deming (MEIRELES, 2001) afirma que 90% dos problemas administrativos ocorrem por conta de causas comuns que se atribuem em sua grande maioria ao fato da má distribuição dos métodos aplicados no processo de gestão empresarial e apenas 10% pode ser atribuída aos operários das demais áreas. Assim Ishikawa também afirma que 63% a 87% dos problemas que envolvem os processos de produção empresarial são de responsabilidade da gerência e 92% dessa problemática toda poderia ser solucionada com ações simples, feitas com a aplicação e uso contínuo das ferramentas da qualidade.

Para Meireles (2001) é muito importante que se faça o uso das ferramentas da qualidade de maneira que se possa entender o valor que elas têm dentro da gestão de qualidade, pois quando se usa o processo de qualidade total na aquisição da melhoria e com isso se alcance as metas que foram traçadas e os objetivos passam a ser alcançados. Assim as pessoas podem compreender como pode se controlar a variabilidade e o real caminho para se utilizar as técnicas de qualidade total.

Para que sejam elucidadas algumas razões pelos quais se é utilizado o método de aplicação das ferramentas de qualidade, Lucinda (2010) faz a seguinte ordem de averiguação: a facilidade no entendimento da causa do problema, proporcionar métodos de abordagem mais eficazes, disciplinar e empregar os trabalhos e aumentar o processo de produtividade.

Quando se visa a aplicar algumas ferramentas da qualidade, existem métodos de uso de coleta de dados que fazem a iniciação do processo produtivo através de verificação manual, onde os dados coletados são descritos e organizados através de folhas.

A utilização da folha de distribuição é um dos processos de produção onde é feito o lançamento dos dados, que são posteriormente colocados em um histograma para que sejam analisados a o processo de distribuição da produção. Na medida em que os dados vão sendo coletados, são feitas as comparações e especificações. É nesse tipo de folha de verificação que se é feita a aplicação para se compreender como está ocorrendo às variações e identificação de itens defeituosos por exemplo. A folha de localização de defeitos é utilizada para encontrar a localização de defeitos externos dentro da produção, como as manchas ou as rasuras nos produtos. O uso da folha de verificação é de extrema importância para a análise de dados que estão sendo considerado defeituoso esse fornecimento de dados faz parte de uma composição muito importante para relacionar as causas e efeitos dos problemas, esses dados serão colocados dentro do diagrama de dispersão (CHASE; JACOBS, AQUILANO, 2006).

Dessa forma os dados coletados com uso dessas folhas são comumente muito proveitosos dentro do processo administrativo e serve como base para a aplicação do processo das ferramentas da qualidade, principalmente na hora da obtenção de informações precisas e nas decisões a serem tomadas de formas coletivas.

Para Campos (1990), o uso das ferramentas é utilizado na maioria das organizações são relacionadas às etapas que fazem girar o ciclo PDCA. Essas ferramentas podem ser utilizadas nas mais diferentes etapas, como a identificação do processo de melhoria de qualidade e devem ter como objetivo principal cumprir as metas que foram traçadas.

Diante disso o uso das ferramentas da qualidade deve ser feito para melhorar a prestação de serviços e a qualidade no fornecimento de produtos, além de melhorar de forma rápida e segura a eliminação das falhas e descontrole de produção. Entre as ferramentas mais utilizadas para o processo de controle da gestão de qualidade, podemos citar o Dia-

grama de Causa e Efeito, Histograma, Diagrama de Pareto, Fluxograma, Diagrama de Dispersão, *Brainstorming*, Gráfico de Controle e 5W1H.

4. OS BENEFÍCIOS QUE A GESTÃO DA QUALIDADE POSSIBILITA PARA AS ORGANIZAÇÕES

A necessidade de se manter no mercado de trabalho, fez com que algumas empresas procurassem se adaptar ao processo de manutenção competitiva nas últimas décadas, em consequência disso a expressão de melhoria contínua tornou-se algo bem mais comum. Os programas de melhoria interna começaram a ser usados com mais frequência, quebrando assim uma espécie de tabu do que antes era considerado inaceitável por parte de alguns gestores.

Segundo Savolainen (1999) a implantação de ações de melhoria contínua começou a ser consideradas um processo de renovação dentro do meio empresária. Essa inovação acarretou a introdução de novos comportamentos dentro da parte administrativa das empresas, principalmente nas áreas gerenciais.

Moura (1997) e Slack et al. (1997) acreditam que a aplicação das ferramentas da qualidade tem como principal objetivo buscar uma melhoria no desempenho de processo de produção e nas atividades empresariais. Moura (1997) ainda comenta que se a cultura do alinhamento produtivo for alinhada pelos gestores desde o princípio da empresa, ou seja, desde a criação a prática de gerar sugestões dos funcionários pode ser algo que faça a empresa alcançar números excelentes.

Segundo Campos (1992) a definição da qualidade poder ser definida no atendimento com perfeição e confiabilidade de acordo com a exigência do cliente. Não adianta um fabricante produzir em massa e não avaliar a qualidade do produto fornecido, pois o cliente irá sentir uma diferença ao levá-lo embora.

Segundo Montegomery (2004) o uso das ferramentas da qualidade são técnicas que podem definir e mensurar, analisar e propor soluções para problemas que podem surgir de forma eventual ou não. Dessa forma o uso das mesmas deve ser feito em comum acordo com todos os setores das empresas.

O autor ainda faz uma observação em relação ao processo de combinação dos elementos dos equipamentos que são utilizados como coleta de dados para averiguação da produção. Esse processo pode ser dividido em partes melhores, com o objetivo de trabalhar separadamente os problemas e demonstrar a atuação do profissional dentro do ambiente organizacional.

A aplicação das ferramentas da qualidade o começo do século XX ainda eram um pouco regradas. Havia algumas regras que por serem desconhecidas eram consideradas abusivas por alguns profissionais daquela geração. Tudo isso se deu por conta da falta de conhecimento sobre o real controle da qualidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi estudada a importância da gestão da qualidade para as organizações, onde foram desenvolvidos estudos bibliográficos que visaram apresentar de forma geral e particular todos os processos que fazem parte das ferramentas da qualidade para garantir uma produção eficiente e segura. Ao longo do desenvolvimento do trabalho foi

possível compreender como o processo de globalização interferiu no processo econômico, solicitando a urgência de intervenções da gestão da qualidade para atender as exigências feitas pelos consumidores, isso porque as empresas necessitavam se adequar aos padrões de produzir com qualidade para assim garantir a sobrevivência no mercado.

A primeira abordagem traz consigo todos os aspectos históricos que envolvem a gestão da qualidade, abrindo os conceitos de gerenciamento da qualidade de produção e todos os processos que visassem à melhora na lucratividade. Além de abordar as exigências feitas pelos clientes ao longo da evolução histórica. A gestão da qualidade contemporânea também está presente, onde se relata todos os processos e programas implantados para assim estabelecer as ações e as tomadas de decisões que devem ser tomadas ao longo da implantação das ferramentas.

A identificação das ferramentas de qualidade foram abordadas no segundo capítulo, onde foi descrito a necessidade de implantar as ferramentas de modo emergencial, para assim poder controlar e monitorar os processos produtivos. O uso das ferramentas da qualidade pode ser descrito como um dos métodos mais apropriados de identificação das abrangências relacionadas a problemas de gestão, com ajuda das ferramentas é possível eliminar problemas que culminem na falência do negócio e melhorar a potencialização de resultados positivos.

Dentro desse contexto foram identificadas as principais ferramentas utilizadas para melhorar a prestação de serviços de forma eficaz, eficiente e mantendo sempre o padrão de qualidade exigido pelo mercado concorrente. Entre as ferramentas mais utilizadas e descritas no desenvolvimento deste trabalho foram: o Diagrama de Causa e Efeito, Histograma, Diagrama de Pareto, Fluxograma, Diagrama de Dispersão, *Brainstorming*, Gráfico de Controle e 5W1H.

A última abordagem apresenta como foram feitas as aplicações das ferramentas da qualidade, mostrando ainda toda a evolução que as mesmas sofreram ao longo dos anos, isso porque os programas de melhoria necessitam ser usados com mais frequência do que nos anos anteriores e com isso houve a necessidade de intensificar o uso das ferramentas. Além da aplicabilidade, os procedimentos necessários para mudar o cenário empresarial também estiveram presente no desenvolvimento do trabalho, isso porque com o passar do tempo as organizações aplicaram métodos de participação de seus funcionários.

Com isso pode-se concluir que se é necessário compreender que as ferramentas da qualidade não podem trabalhar sozinhas, é necessário que se tenha a obtenção de dados e soluções para se trabalhar a resolução dos problemas e as consequências que o mesmo está gerando, é fundamental que o gestor tenha o discernimento de saber quando e como aplicar as ferramentas. A aplicação deve ser feita na medida em que realmente for indispensável à aplicação, dessa forma detalhes importantes são averiguados e expostos para serem solucionados.

Referências

BARROS, Claudius D'Artagnan C. **Excelência em serviços: questão de sobrevivência no mercado**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

BERNARDELLI, D. J.; FERREIRA, J. B.; GONÇALVES, K. D. Controle estatístico de processo: um estudo comparativo para a portaria do Inmetro. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais...** Salvador: ENEGEP, 2009.

BRAGA, Luís Pastorelli. Análise da implantação do processo de melhoria contínua na indústria automobilística. **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v.5, n.1, p. 60-64, jul./set. 2008.



- CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerência da qualidade total: estratégia para aumentar a competitividade da empresa brasileira**. Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni, 1990.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão de Qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CHAMON, Edna Maria Querido de Oliveira. **Gestão Integrada de Organizações**. São Paulo: Brasport Livros e Multimídia LTDA, 2008. 65 p.
- CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. **Administração da Produção para Vantagem Competitiva**. 6.ed. São Paulo: Bookman, 2006.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração dos Novos Tempos**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. São Paulo: Ed. Marques Saraiva, 1990.
- DRUCKER, Peter. **Administrando em tempos de grandes mudanças**. São Paulo: Pioneira, 1995.
- GALUCH, L. **Modelo para Implementação das Ferramentas Básicas do Controle Estatístico do Processo – CEP em Pequenas Empresas Manufatureiras**. 2002. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GARVIN, D.A. **Competing on the eight dimensions of quality**. New York:Harvard business review, 1987.
- GIL, A. L. **Qualidade total nas organizações: indicadores de qualidade, gestão econômica de qualidade, sistemas especialistas de qualidade**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1993.
- GODOY, Adelize Leite de. **Ferramentas da Qualidade**. 2009. Disponível em: <<http://www.cedet.com.br/index.php?/Tutoriais/Gestao-da-Qualidade/ferramentas-da-qualidade.html>>. Acesso em: 29 set. 2022.
- GOUILLART, Francis J.; KELLY, James N. **Transformando a Organização**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- LOJKINE, Jean. **A Revolução Informacional**. São Paulo: Cortez Editora, 1999.
- LUCINDA, Marcos Antônio. **Qualidade: fundamentos e práticas para curso de graduação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.
- MARIANI, C. A.; PIZZINATTO, N. K.; FARAH, O. E. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. In: Simpósio da Engenharia de Produção. **Anais...** Bauru: SIM-PEP, 2005.
- MARTIN, James. **A Grande Transição**. São Paulo: Editora Futura, 1996.
- MEIRELES, Manoel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte e Ciência, 2001.
- MESQUITA, M.; ALLIPRANDINI, D. H. Competências essenciais para melhoria contínua na produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. **Gestão & Produção**, São Carlos, UFSCar, v.10, n.1, p. 17-33, 2003.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- PEREIRA, Maria José Lara de Bretas; FONSECA, João Gabriel Marques. **Faces da Decisão: as mudanças de paradigmas e o poder da decisão**. São Paulo: Makron Books, 1997.
- REZENDE, Paulo. **Qualidade em tudo**. 2010. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/administracao-e-negocios/gestao-da-qualidade/47406/>>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- SOUZA, R. A. **Análise da qualidade do processo de ênfase de azeitonas verdes através de algumas ferramentas do controle estatístico de processo**. 2003. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Negócios com ênfase em Estatística Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade de Serviços**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

45

A IMPORTÂNCIA DO USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) NA CONTRIBUIÇÃO PARA A REDUÇÃO DE CUSTOS DENTRO DAS EMPRESAS

THE IMPORTANCE OF THE USE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE) AS A CONTRIBUTION IN REDUCING COSTS WITHIN COMPANIES

Josevaldo Barbosa Santos

Resumo

A diminuição de acidentes dentro de uma empresa é de fundamental relevância quando se trata em reduzir custos, uma vez que os mesmos são responsáveis por boa parte dos gastos de uma empresa. Um bom empresário administra sua empresa pensando nos possíveis acidentes e priorizando o uso dos EPI's, de modo que todos saiam ganhando, e que os trabalhadores consigam ter uma maior segurança e garantia de saúde. Tendo em vista que o não uso dos equipamentos de proteção é um dos fatores mais importantes para aumentar os gastos de uma organização, o presente trabalho objetiva discutir a importância do uso de Equipamento de Proteção Individual como forma de reduzir gastos. Para isso, a metodologia utilizada foi a revisão da literatura, sendo seu caráter especificamente qualitativo. Os resultados obtidos serviram de base para comprovar a relevância do uso dos EPI's, e com isso pode-se concluir que o mesmo é de grande valia para diminuir os custos dentro de uma instituição.

Palavras-chave: Custos, Equipamentos, Proteção, Individual.

Abstract

The reduction of accidents within a company is of fundamental relevance when it comes to reducing costs, since they are responsible for much of the expenses of a company. A good entrepreneur runs his company thinking about possible accidents and prioritizing the use of PPE, so that everyone wins, and that workers can have greater safety and health assurance. Considering that the non-use of protective equipment is one of the most important factors to increase the expenses of an organization, the present work aims to discuss the importance of the use of Personal Protective Equipment as a way to reduce expenses. For this, the methodology used was the literature review, being its specifically qualitative character. The results obtained served as a basis to prove the relevance of the use of PPE, and with this it can be concluded that it is of great value to reduce costs within an institution.

Keywords: Costs, Equipment, Protection, Individual.

1. INTRODUÇÃO

Os Equipamentos de Proteção Individual são de extrema relevância, uma vez que, colaboram para a proteção dos trabalhadores e evitam gastos significantes que seriam realizados em caso de acidentes. É importante salientar que além de evitar acidentes, os EPI's garantem também a saúde do funcionário, diminuindo os riscos de doenças ocupacionais.

Todo EPI possui o seu CA (Certificado de Aprovação), o qual é expedido por um órgão relacionado à Segurança do Trabalho, esse certificado garante que o equipamento está apto para uso e também possibilita que o empregado trabalhe com mais segurança tanto no EPI quanto por estar utilizando-o. Embora muitos trabalhadores ainda se neguem a usar seus equipamentos, cabe ao empregador informá-los da real importância dos mesmos tanto para quem fornece quanto para quem usufrui.

Os EPI's possuem várias funções, dentre elas a mais importante é proteger o corpo de ruídos, cortes, feridas etc. Também são responsáveis por contribuir para os lucros da empresa, uma vez que, se todos os empregados utilizam os devidos EPI's, automaticamente gastos com consequências pós acidentes irão diminuir, permitindo assim um aumento na lucratividade da empresa. Dessa maneira justifica-se a importância do uso desses equipamentos dentro de uma empresa, visto que os mesmos garantem uma maior segurança e melhor desempenho dos trabalhadores, além de contribuir diretamente para a redução de custos e melhor funcionalidade de uma empresa.

Analisando essa importância do uso diário de Equipamentos de Proteção Individual para o empregado, com o intuito de garantir a segurança e integridade dos mesmos, além de contribuir para a redução de custos, buscou-se por meio deste trabalho responder ao seguinte questionamento: Qual a importância do uso de Equipamentos de Proteção Individual para a redução de custos dentro das empresas?

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo primordial discutir a importância do uso de Equipamento de Proteção Individual como forma de reduzir gastos. Para que isso fosse possível foi adotado os seguintes objetivos específicos: debater a importância do uso dos EPI's, relacionar o uso dos mesmos a redução de custos, e por fim, abordar a relevância da redução de custos para uma empresa.

Portanto, a metodologia utilizada foi a de revisão da literatura, a qual tratou de uma pesquisa de caráter qualitativo e descritivo. Dessa forma, foi realizada a pesquisa dos referidos autores: OLIVEIRA (2014), PELLOSO & ZANDONADI (2012), MARTINS (2013), MEIRELES & PINTO (2016), TROIAN et al. (2009) e NEVES et al (2011), os quais abordam o tema em seus trabalhos, essa pesquisa foi feita por meio de livros, artigo e monografias. Tendo como base trabalhos publicados nos últimos oito anos, e utilizando-se das seguintes palavras-chave: Proteção, EPI's, Custos, Empresas.

2. O USO DOS EPI'S

De acordo com a Norma Regulamentadora, NR – 6 (Brasil, 2012), define-se Equipamento de Proteção Individual como todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador com o intuito de proteção aos riscos sujeitos de ameaça a segurança e a saúde no trabalho.

Nascimento et al. (2009) afirmam que “os EPI's formam, em conjunto, um recurso am-



plamente utilizado para a segurança do trabalhador no exercício de suas funções”. Assumem, por essa razão, papel de grande responsabilidade para a preservação do trabalhador contra os mais variados riscos aos quais está sujeito nos ambientes de trabalho.

Segundo Martins et al. (2013) o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) confere proteção à integridade física e psíquica das pessoas durante a manipulação dos instrumentais de trabalho e contribui para prevenção de acidentes. Dessa forma, é evidente que o uso desses equipamentos é de suma importância para assegurar o bem-estar de todos os envolvidos, além de trazer confiabilidade e evitar ou diminuir o risco de acidente de trabalho. De acordo com Cisz (2015):

O uso dos Equipamentos de Proteção Individual encontra-se previsto nas Leis de Consolidação do Trabalho (CLT) e regulamentado pela Norma Regulamentadora 6 do Ministério do Trabalho e Emprego, sendo o mesmo, segundo a legislação vigente, obrigatório. A entrega destes equipamentos deve ser fornecida pelo empregador que também tem a obrigação de fiscalizar o uso por parte de seus empregados e de promover ações que conscientizem os seus trabalhadores da importância do uso dos EPI's quando estes se recusam a usar.

A utilização de EPI faz-se necessária para todos os casos em que as medidas mais amplas de saúde e segurança não são suficientes para a preservação da integridade dos empregados dentro de uma empresa. Com isso, a correta utilização dos equipamentos de proteção individual é de extrema relevância para a eficácia da proteção de todos os envolvidos. Segundo Filho (2001) apud Troian et al. (2009), define que: “do ponto de vista técnico e legal, para serem considerados como EPI's, os equipamentos devem possuir um certificado de 25 aprovações, denominado pela sigla C.A, expedido pelo Ministério do Trabalho. Esse certificado identifica que o equipamento passou por um processo de registro junto ao órgão controlador”.

Segundo a norma regulamentadora nº 6 (BRASIL, 1978), os equipamentos de proteção individual se dividem entre dispositivos para a cabeça, os olhos e face, auditivos, vias respiratórias, para o tronco, membros superiores e inferiores, para o corpo inteiro, e de proteção a quedas.

2.1. Prevenção de acidentes e resistência ao uso dos EPI's

Dentro do ambiente de trabalho presencia-se constantemente a resistência dos funcionários ao uso dos EPI's, muitas vezes por falta de informação ou mesmo por não se sentir confortável com o equipamento. É primordial que toda empresa busque conscientizar seus colaboradores ao uso de seu equipamento, bem como orientá-los a utilizá-los de maneira adequada.

O uso dos EPI's contribuem para evitar acidentes de trabalho, bem como minimizar os riscos e dessa forma garantir um trabalho seguro aos funcionários. É necessário atentar-se para os devidos cuidados a serem tomados pelo trabalhador, a fim de garantir o bom funcionamento de seu equipamento, uma vez que a empresa deve alertar seus funcionários que é dever deles, manter seus itens de proteção em bom estado e conservados.

Conforme Chagas (2011), afirma que: o uso de EPI foi regulamentado pelo Ministério do Trabalho e Emprego na norma regulamentadora NR-6, que abrange as seguintes precauções: lavagem das mãos; uso de luvas; uso de aventais limpos não estéreis: máscara, óculos e protetor facial; equipamentos devidamente manuseados e higienizados. Diante

do supracitado, percebe-se os devidos cuidados a serem tomados por parte dos trabalhadores, a fim de diminuir o risco de acidentes e garantir uma segurança maior. Segundo Lima et al (2017):

A adesão ao uso dos equipamentos de proteção individual além de trazer consigo benefícios à saúde dos trabalhadores e aos usuários do serviço, conferem benefícios aos empregadores, com destaque para maior produtividade, diminuição no número de afastamento dos trabalhadores para tratamento de doenças, e redução dos gastos com equipamentos e materiais. O uso dos EPI deve ser adequado às necessidades do procedimento avaliando-se o conforto, o tamanho do equipamento e o tipo de risco envolvido para não resultar em despesas para a instituição e comprometer a execução do procedimento.

Desse modo, percebe-se que o uso dos Equipamentos de Proteção Individual é de extrema importância não somente pela questão da segurança, mas também pela sua contribuição na diminuição dos acidentes de trabalho e não menos importante, por sua colaboração na redução de custos dentro de uma empresa, uma vez que, com o uso correto e diário dos EPI's obtêm-se uma queda tanto nos acidentes quanto nos custos de uma empresa.

3. USO DOS EPI'S E A REDUÇÃO DE CUSTOS

Montenegro e Santana (2008) relatam que é importante o uso do equipamento de proteção individual pelos trabalhadores da Construção Civil porque o mesmo visa à prática de segurança com eficácia para estes, protegendo os mesmos contra as lesões provocadas pelos acidentes e doenças relacionadas ao trabalho.

Oliveira (2012, p.3) menciona que, “quando se fala em medidas adotadas pelo governo na área tributária, previdenciária e trabalhista, sabemos que sempre aumentam as obrigações, a responsabilidade e o custo financeiro para as empresas. Ele diz que quando ocorrer um acidente de trabalho o empregado deve informar a empresa, que comunicará o fato a Previdência Social através do CAT (Comunidade de Acidente de Trabalho). Qualquer acidente de trabalho ou doença profissional deve ser informado pela empresa ao INSS sob pena de multa em caso de omissão”.

Oliveira (2012, p.3) fala que com “a comunicação gera o processo administrativo com finalidade de proteger o empregado, que levantará as causas e consequências dos fatos, fornecendo o benefício adequado ao acidentado”. Outras medidas também contribuem para punir as empresas que não cumprem com o uso dos EPI's, gerando a elas mais despesas e menos lucratividade.

Oliveira (2012) define outra medida para as empresas que não visam a segurança de seus funcionários, A alíquota FAP (Fator Acidentário Previdenciário), que foi criada pela Receita Federal com objetivo de estimular a prevenção de acidentes na empresa, e é obtida pela gravidade, frequência e custo das empresas.

Conforme o autor, o FAP é calculado a partir da união de vários fatores, os quais são: gravidade, diz respeito à gravidade dos acidentes de trabalhos ocorridos na empresa e levam-se em conta todos os casos de auxílio-doença auxílio- acidentado, aposentadoria por invalidez e pensão por morte, todos de natureza acidentária; a frequência, está diz respeito à incidência de acidentes ocorridos na empresa e levam-se em conta os registros de acidentes e doenças do trabalho informado ao INSS através do Comunicado de Acidente de

Trabalho (CAT) e benefícios acidentários estabelecidos por nexos técnicos pela perícia médica do INSS, ainda que sem CAT a eles vinculados; e por fim, o custo, o qual representa o custo dos benefícios por afastamento cobertos pela Previdência. Para esse índice são computados os valores pagos pela Previdência em rendas mensais de benefícios e o tempo de afastamento em meses ou fração, sendo que benefício sem data final tem data de fim de ano como base de cálculo.

De acordo com o site da Receita Federal, o RAT (Risco Ambiental no Trabalho) representa a contribuição da empresa, previsto no inciso II do artigo 22 da Lei 8.212/91, e consiste em um percentual que mede o risco da atividade econômica, com base no qual é cobrada a contribuição para financiar os benefícios previdenciários decorrentes do grau de incidência de incapacidade corporativa. Conforme Montenegro & Santana (2012, p. 6) relatam que:

“Um fator importante que provocam inúmeros acidentes, é conhecido como condição insegura, que está relacionada com aos ambientes de trabalhos inadequados, esta não depende tanto do conhecimento de suas vítimas, mas daqueles que por motivos diversos, as colocam em situações que normalmente as levam à perda da saúde ou em casos extremos, a perda da vida.”

De acordo com Oliveira (2012, p.7), “a Guia de Recolhimento do Fundo de Garantia e Informação à Previdência Social é a guia onde as empresas declaram os dados sobre os trabalhadores ficando gravadas em um banco de dados, onde fica mais fácil conceder benefícios futuros, sem que o trabalhador guarde toda a papelada em relação a seus vínculos do passado.” O autor complementa que com o histórico de todos os trabalhadores constando no banco de dados da Previdência, é agilizado o processo e diminui as fraudes com falsificações e adulterações dos documentos.

As empresas que não cumprem com os devidos padrões de segurança de seus colaboradores, estão sujeitas a pagar insalubridade, uma vez que a mesma não ofereça as devidas condições de ambiente de trabalho para seus empregados, o que, conseqüentemente, acarretará mais dinheiro gasto pelo empregador, quando tudo poderia ser diferente, apenas com o uso dos EPI's adequados e garantia de qualidade ao trabalho de seus funcionários.

Oliveira (2012, p.8) complementa que a definição da insalubridade é feita em “função do tempo de exposição ao agente nocivo, verificando tipo de atividade, o curso de sua jornada de trabalho, limites de tolerância, taxas de metabolismo e tempos de exposição”. São consideradas insalubres, atividades ou operações que, expõem o empregado a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância, intensidade do agente e o tempo de exposição aos seus.

De acordo com Afonso et al. (2013, p.12), diz que é “importante observar maneiras de reduzir os custos para a empresa. Essa redução é obtida através do uso de EPI, ou seja, uma empresa que adota uma política de uso de equipamentos adequados para anulação do fator insalubre, como por exemplo, o ar comprimido, o qual ocorre um índice de pagamento de 40% sobre o salário-mínimo do funcionário exposto, poderá ter esse percentual zerado devido ao uso do equipamento”.

Assim, Oliveira (2012) afirma que é possível obter a eliminação ou a neutralização da insalubridade. Para isso é necessário que o empregador adote medidas que conservem o ambiente de trabalho, dentro dos limites de tolerância, com a utilização de EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) ao trabalhador que diminuam ou isolem os riscos.

Dessa forma, é necessário que as empresas façam investimentos precisos, no que diz respeito a segurança e saúde dos trabalhadores, em prol de se obter melhores condições de trabalho para os mesmos, bem como a redução de seus gastos, seja com afastamento de funcionários, ou medicamentos e gastos hospitalares. Medidas preventivas precisam ser implantadas, incluindo o uso dos EPI's, para que assim se possa ter bons resultados.

Segundo Oliveira (2013, p. 10), é necessário que os empresários analisem “a importância de ouvir sua equipe de técnicos da segurança do trabalho, fortalecendo dessa forma um canal de comunicação, uma relação de trabalho confiável e saudável”. Sendo a maneira mais eficaz de conhecer, prevenir e controlar os riscos.

4. EMPRESAS E REDUÇÃO DE CUSTOS

Conforme Stoffel (2008, p.3) afirma que, “o custo está inserido na vida de todo indivíduo, desde o seu nascimento até a sua morte, uma vez que todos os bens necessários ao seu consumo ou à sua utilização têm custo”. Custo que precisa ser apurado, motivando assim, um estudo mais aprofundado.

Castro et al. (2015, p.4) dizem que, “empresas de um mesmo segmento podem apresentar diferentes estruturas de custos, dependendo do tipo de tecnologia adotada, grau de terceirização das atividades, das características e dos recursos disponíveis para cada empresa”. Há, portanto, um amplo leque de possibilidades de estruturas de custos. De acordo com Sebrae/SP (2011, p.5) relata que:

“Uma empresa, independente do setor que atua, realiza uma série de gastos vinculados à administração, vendas e produção de bens ou realização de serviços. Independente da classificação dos gastos é importante que as empresas tenham um controle e gerenciamento eficiente sobre eles, inclusive para correta discriminação dos custos, despesas e investimentos”.

Castro et al. (2015, p.7) classifica gastos como: “investimentos, quando a empresa realiza um gasto que pode constituir-se em uma receita futura; Custos, os quais são gastos essenciais à produção; Despesas, que são os gastos incorridos em um determinado período de tempo com o objetivo da venda de produtos e serviços para geração de receitas; Perdas, são os gastos de natureza excepcional, uma vez que ocorrem de forma anormal e involuntária; E por fim, Desperdício, os quais são ocorridos no processo de produção ou de geração de receitas”.

Castro et al. (2015, p.5) classifica “os custos quanto à forma de apropriação: custo direto e indireto, ou pela variabilidade: fixos e variáveis”. Os custos diretos são aqueles gastos que são facilmente mensurados e diretamente aplicados à produção; já os custos indiretos são aqueles gastos que necessitam de um critério de rateio, pois não são facilmente identificados. O autor ainda relata que os custos fixos independem da quantidade produzida e permanecem constantes dentro de um intervalo de volume de produção; os custos variáveis, por sua vez, dependem da quantidade produzida, são diretamente relacionados com o volume de produção.

De acordo com Silveira (2010, p. 7), “a coleta dos dados para estruturar um sistema de custeio ocorre no nível operacional, sua classificação acontece no nível tático para serem, então, utilizadas no nível estratégico, onde as decisões são tomadas”.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base neste trabalho, pode-se concluir que a redução de custos dentro de uma empresa vai muito além de cortar gastos, é necessário o uso consciente dos Equipamentos de Proteção Individual, como forma de evitar acidentes e conseqüentemente, reduzir os gastos com medicamentos, hospitais, afastamentos etc.

Uma empresa que investe na segurança de seus trabalhadores reduz bastante seus gastos, visto que se todos os funcionários utilizarem os EPI's necessários, o índice de acidentes e doenças ocupacionais será reduzido drasticamente, e com ela a diminuição dos custos com assistência médica, remédios, indenizações etc.

Portanto, percebe-se que a presente pesquisa contribui de forma clara e objetiva para demonstrar a importância do uso de EPI's como forma de redução de custos dentro das empresas, alertando a todos sobre as conseqüências do não uso desses equipamentos, bem como destacando a relevância da diminuição de gastos dentro de uma empresa. Dessa maneira, vale ressaltar a importância de se abordar em trabalhos futuros sobre o correto uso dos EPI's, e suas implicações diretas no ambiente de trabalho, visando conscientizar mais ainda empregados e empregadores.

Referências

- AFONSO, Antonio Fernando; et al. **Segurança no Trabalho: Benefícios ao Empregado e Redução de Custo ao Empregador**. Londrina, 2013. Inesul – Instituto de Ensino Superior de Londrina.
- BRASIL, **Ministério do Trabalho e Emprego**. NR-6 – SESMT. Manuais de Legislação Atlas. 71ª. Edição. São Paulo: Atlas, 2012d.
- CASTRO, Clarizza Ap. Oliveira; et al. **A Gestão estratégica de custos como diferencial competitivo para micro e pequenas empresas**. 2015. Disponível em: www.unifia.edu.br/revista_eletronica/revistas/gestao_foco/artigos/ano2015/gest_estrategica_custos.pdf. Acesso em: 30 de jul. 2022.
- CHAGAS, Ana Maria de Resende; SALIM, Celso Amorim; SERVO, Luciana Mendes Santos. **Saúde e segurança no trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores**. Brasília: Ipea, 2011.
- CISZ, Cleiton Rodrigo. **Conscientização do uso de EPI's, quanto à segurança pessoal e coletiva**. 2015. Disponível em: repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3833/1/CT_CEEEST_XXIX_2015_07.pdf. Acesso em: 14 de ago. 2022.
- LIMA, Carlos Bezerra de, et al. **Uso do Equipamento de Proteção Individual: Abordando a dificuldade de adesão do profissional de enfermagem**. 2017. Disponível em: <http://temasemsaude.com/wp-content/uploads/2017/05/17108.pdf>. Acesso em: 29 de jul. 2022.
- MONTENEGRO, Daiane Silva; SANTANA, Marcos Jorge Almeida. **Resistência do Operário ao Uso do Equipamento de Proteção Individual**. 2012. Disponível em: http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Mono3_0132.pdf. Acesso em: 09 de ago. 2022.
- NASCIMENTO, Ana Maria Almeida do; et al. **A Importância do Uso de Equipamentos de Proteção na Construção Civil**. 2009. Disponível em: xa.yimg.com/Kg/groups/22745525/853609756/name/tcc+pdf.pdf. Acesso em: 14 de jul. 2022.
- OLIVEIRA, Daniella Cristina Costa de. **A Influência da Segurança do trabalho na Redução de Custo da Empresa**. 2012. Disponível em: https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_1373923072.pdf. Acesso em: 29 de jul. 2022.
- SILVEIRA, L. M. **Gestão de custos nas pequenas empresas**. 2010. Disponível em: www.deer.mg.gov.br/files/335/.../2325/Gestao-de-custos-nas-pequenas-empresas.pdf. Acesso em: 01 de ago. 2022.

46

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL PARA A MANUTENÇÃO DA COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS

*THE IMPORTANCE OF TOTAL QUALITY MANAGEMENT FOR
MAINTAINING THE COMPETITIVENESS OF COMPANIES*

Carlos Victor Silva Bastos

Resumo

Esta obra tem por objetivo explicar, com base nas contribuições bibliográficas da área da qualidade e competitividade, qual a real importância da Gestão da Qualidade Total para a manutenção da competitividade das empresas. O trabalho desenvolveu-se a partir da análise de conteúdo de livros e artigos científicos, que tratam dos assuntos relacionados à qualidade, à gestão e à competitividade empresarial, obtidos em sites e revistas eletrônicas como Scielo, Google Acadêmico, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, entre outros, filtrados no período de 2012 a 2022. A partir da análise de diversas contribuições bibliográficas foi possível compreender a respeito dos mais diversos conceitos e visões a respeito da qualidade. Tratou-se também a respeito da compreensão do que se trata a Gestão da Qualidade Total e como ela surgiu e como fazer para implementá-la na realidade organizacional. Outra discussão relevante também abordada no decorrer deste trabalho, foi a respeito da importância da Gestão da Qualidade Total para a manutenção da competitividade das empresas frente o mercado, onde chegou-se à conclusão de que apesar de não ser um item obrigatório na realidade de uma empresa, as boas práticas aliadas à filosofia contribuem para que a organização se destaque frente as concorrentes, conseguindo assim, melhorar sua competitividade e, por conseguinte, garantindo sua sobrevivência.

Palavras-chave: Qualidade, Qualidade Total, Gestão da Qualidade, Controle da Qualidade Total, Competitividade.

Abstract

This paper aims to explain, based on bibliographical contributions in the area of quality and competitiveness, the real importance of Total Quality Management for maintaining the competitiveness of companies. The work was developed from the content analysis of books and scientific articles, which deal with issues related to quality, management and business competitiveness, obtained from websites and electronic journals such as Scielo, Google Scholar, Biblioteca Digital Brasileira de Teses and Dissertations, among others, filtered from 2012 to 2022. Based on the analysis of several bibliographical contributions, it was possible to understand the most diverse concepts and visions regarding quality. It was also about the understanding of what Total Quality Management is about and how it emerged and how to implement it in the organizational reality. Another relevant discussion also addressed in the course of this work was about the importance of Total Quality Management for maintaining the competitiveness of companies in the market, where the conclusion was reached that despite not being a mandatory item in the reality of a company, good practices combined with philosophy contribute to the organization standing out against competitors, thus improving its competitiveness and, therefore, guaranteeing its survival.

Keywords: Quality, Total Quality, Quality Management, Total Quality Control, Competitiveness.

1. INTRODUÇÃO

O mercado global tem demonstrado a cada dia um aumento significativo da competitividade entre as empresas. A busca por fidelização, ou até mesmo prospecção de novos clientes, tem se tornado cada vez mais desafiadora e as estratégias para alcançar a satisfação destes, cada vez mais importantes para a manutenção e sobrevivência das organizações perante o cenário.

A qualidade é um fator de extrema importância buscado pelo ser humano nas mais diversas áreas da vida. Desde as próprias relações interpessoais até os padrões de consumo, ela pode ser notada como uma das principais características buscadas pelo cliente. Tal fato contribui para a compreensão do porquê tratar da qualidade seja uma estratégia tão importante em todos os níveis de uma organização.

As necessidades e expectativas dos clientes tendem a estar em constante mudança. Por esse motivo, é importante que se encontre qualidade em seus processos e produtos desde suas concepções. Neste ponto, a Gestão da Qualidade Total dentro das organizações representa uma parte vital da empresa, podendo-se afirmar que: a empresa que não gere a qualidade em sua totalidade não a conquista em níveis satisfatórios, portanto, não é competitiva como as que o fazem.

Não gerir a qualidade frente a essa realidade é pôr em risco toda a organização. Diante disso, o seguinte questionamento se faz presente: qual a real importância da Gestão da Qualidade Total para a manutenção da competitividade das empresas?

A partir do que foi apresentado acima, o objetivo geral do presente estudo foi buscar compreender a real importância da Gestão da Qualidade Total (TQM) dentro de uma organização para que sua competitividade frente ao mercado seja mantida e os objetivos específicos foram: definir o que é qualidade, entender o que é a Gestão da Qualidade Total e explanar o porquê o TQM ser fundamental para a manutenção da competitividade de uma empresa frente ao mercado.

O tipo de pesquisa realizada neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de buscas nas seguintes bases de dados (livros, sites de bancos de dados etc.): Scielo, Google Acadêmico, Periódicos Capes, Revista Produção Online etc. As palavras-chave utilizadas foram: Qualidade, Qualidade Total, Gestão da Qualidade, Competitividade.

2. COMPREENDENDO A QUALIDADE

Não há equívoco algum em afirmar que o conceito atribuído a qualidade é, por essência, dinâmico. Poucos conceitos apresentam tamanho dinamismo quanto o da qualidade, que está em constante transformação. Um fato que pode explicar o permanente movimento deste conceito, é o de que a qualidade é moldada a partir da realidade dos mercados, dos padrões de consumo existentes e, sobretudo, da sociedade como um todo, que também está em constante mudança (PALADINI, 2009).

Os entendimentos a respeito da qualidade podem ser notados desde os primórdios da existência humana, através da busca pelas melhores técnicas de sobrevivência, melhores materiais para a construção de suas armas, evolução das edificações, entre outros fatores importantes para o desenvolvimento humano, que remetem a momentos diferentes

da história, mas que se criteriosamente analisados e contextualizados, demonstram que as preocupações dos indivíduos com a qualidade, não é algo novo (RODRIGUES, 2012).

Há alguns séculos, a qualidade era trabalhada de maneira específica para cada cliente pois a produção era majoritariamente centrada em artesãos que detinham o controle total de todos os processos, conheciam profundamente as necessidades específicas de seus clientes e buscavam atendê-las por meio da produção sob medida, ou seja, o profissional participava desde a concepção do produto até o pós-venda (MARTINELLI, 2009).

Mas a partir da Revolução Industrial instaurou-se uma nova ordem produtiva, onde o surgimento das demandas de produção em massa, trouxeram a necessidade da padronização dos produtos para a produção em larga escala, que gerou novos desafios e conceitos a respeito da qualidade (MARTINELLI, 2009).

Partindo dessa realidade, especialmente durante o século XX, com o grande crescimento do consumo de bens industrializados e surgimento de novas necessidades dos clientes perante o mercado, as organizações passaram a se preocupar cada vez mais com a qualidade e diversos autores apresentaram seus conceitos e definições específicas a respeito do tema (OAKLAND, 1994).

Garvin (2002), embasado em diversas pesquisas a respeito dos conceitos de qualidade, classificou as definições encontradas em cinco tipos de abordagem: por produto; por usuário; por produção; por valor e transcendental. Cada um destes tipos de abordagem apresenta afinidade com a linha de pensamento de um ou mais autores a respeito de seus entendimentos sobre o que é qualidade.

Do ponto de vista do produto, Garvin (2002) traz a qualidade como uma variável mensurável, a qual está diretamente relacionada ao quantitativo de atributos presentes no produto ou serviço em questão. Tal abordagem é embasada através das contribuições de Abbot (1955), que correlaciona a qualidade à quantidade de incrementos presentes em um produto, para satisfazer um desejo ou necessidade.

A partir da abordagem por produto, é possível extrair-se pelo menos duas deduções a respeito desse tipo de concepção:

[...] O primeiro é que uma melhor qualidade só pode ser obtida a um custo mais alto. Como a qualidade reflete a quantidade de atributos contidos num produto, e como os atributos envolvem um custo de produção, produtos de melhor qualidade serão mais caros. Segundo a qualidade é vista como característica inerente aos produtos, e não como algo atribuído a eles. Como a qualidade reflete a presença ou ausência de atributos mensuráveis do produto, pode ser avaliada objetivamente e se baseia em mais do que apenas preferências (GARVIN, 2002, p. 51).

Portanto, a partir dessas afirmativas, é possível concluir que na abordagem por produto também há uma grande correlação com a questão dos valores, uma vez que produtos com maior quantidade de atributos, encarecem os custos de produção e elevam o preço do produto final. Também é possível concluir que essa abordagem traz a possibilidade de uma avaliação mais objetiva da qualidade, voltada para questões quantitativas e mensuráveis, sobrepondo-as às preferências individuais.

Entretanto, apesar da natureza objetiva dessa abordagem ser um ponto forte, ela também apresenta suas limitações. Nem sempre há a existência de uma correspondência real entre a quantidade de elementos presentes em um produto e sua qualidade. Às vezes, produtos considerados como de “alta qualidade” são simplesmente produtos “diferentes”,

não importando, necessariamente, a sua quantidade de atributos, e sim suas particularidades (GARVIN, 2002).

Seguindo com as definições, a abordagem baseada no usuário está fundamentada a partir da premissa de que a qualidade é percebida de acordo com quem a observa. Este ponto de vista pressupõe que cada desejo ou necessidade de um indivíduo que um produto atenda, contribuirá para o aumento da qualidade percebida (GARVIN, 2002).

A abordagem voltada para o usuário está mais relacionada com o comportamento do indivíduo do que necessariamente em medidas, como na abordagem por produto, e por este motivo, pode ser considerada como a melhor para se identificar as diferentes necessidades e expectativas dos consumidores (SHEWFELT, 1999). Desta maneira, “[...]Admite-se que cada consumidor tenha diferentes desejos ou necessidades e que os produtos que atendam melhor suas preferências sejam os de maior qualidade” (GARVIN, 2002, p. 54).

Mas assim como na concepção por produto, Garvin (2002) afirma que essa abordagem também apresenta seus problemas, que consistem basicamente no fato de que essa concepção iguala a qualidade à satisfação máxima, o que é errôneo, uma vez que são coisas que se relacionam, mas não são de forma alguma, idênticos. Outro problema proveniente desta abordagem é a subjetividade, que impossibilita considerar as diferentes preferências dos consumidores, além de dificultar a medição destes atributos precisamente (SHEWFELT, 1999).

Enquanto as definições da qualidade baseadas no usuário seguem as subjetivas preferências do consumidor, as definições que se baseiam na produção seguem às práticas relacionadas à engenharia e aos processos produtivos (GARVIN, 2002).

Conforme o que afirma Barbosa (2015, p. 20) “[...]todas as definições baseadas na manufatura identificam a qualidade como ‘conformidade com os requisitos’[...]”. Logo, pode-se compreender que do ponto de vista desta abordagem, a qualidade passa a ser relacionada com o nível de atendimento que um produto tem com suas especificações desde a sua concepção, sendo um produto considerado de alta qualidade quando está conforme com todas as suas especificações, e de baixa qualidade na presença de desvios. Além disso, essa vertente simplifica a definição de qualidade de uma maneira que proporciona o controle de engenharia e produção, promovendo assim, uma ênfase na engenharia de confiabilidade (considerando-se o design) e à produção (por meio do controle estatístico da qualidade), ambas as técnicas focadas na diminuição de desvios e redução de custos (BARBOSA, 2015).

No entanto, embora a abordagem por produção tenha conhecimento a respeito do interesse dos consumidores pela qualidade, pois pressupõe que um produto não-conforme certamente será mal-feito ou não confiável, seu foco principal está no ambiente interno. Esta pode ser uma grande fraqueza, pois pouco se atenta à relação do que os clientes reconhecem como qualidade e característica do produto, além da conformidade (GARVIN, 2002).

Seguindo com as abordagens, têm-se também, a baseada no valor que define a qualidade com base nos custos e preços. Segundo esta visão, um produto pode ser classificado como detentor de qualidade, caso apresente o melhor desempenho a um preço aceitável (GARVIN, 2002).

Essa abordagem a respeito da qualidade, tem embasamento teórico a partir das contribuições de Feigenbaum (1961), que afirma que a qualidade significa adequação a certas condições de uso do cliente, como a real utilidade e o preço de venda do produto. Também encontra suporte na contribuição de Broh (1982), que afirma que a qualidade está direta-

mente ligada ao grau de excelência de um produto a um preço aceitável e ao controle da variabilidade do mesmo a um custo também aceitável.

Ainda que seja uma abordagem muito usual e de grande importância, também apresenta seus contrapontos:

[...] esta abordagem é de difícil aplicação na prática. Mistura dois conceitos relacionados, mas distintos: excelência e valor. O resultado é uma coisa híbrida – “excelência que se pode adquirir” – sem limites bem definidos, sendo muitas vezes altamente subjetiva (GARVIN, 2002, p. 55).

Portanto, compreende-se que a concepção de qualidade baseada no valor remete, até um certo ponto, às abordagens baseadas no usuário e no produto, trazendo assim, uma mescla de conceitos na construção do seu próprio, que pode ser entendido basicamente como: obter-se o maior nível de satisfação possível há um desejo ou necessidade, ao menor valor monetário. Tal relação entre conceitos impossibilita a definição de limites para esta abordagem, já que a qualidade estará vinculada a uma questão subjetiva de custo-benefício vinda do cliente.

Por último, Garvin (2002) traz o tipo de abordagem classificada como transcendental, que atribui à qualidade uma característica de “excelência inata” ao ser, que não é apenas absoluta, como também reconhecível por todos. Tal visão prega que não se pode definir a um conceito de qualidade com precisão, já que ela é uma propriedade simples, não passível de análise, que aprendemos a reconhecer apenas com base em nossas experiências (GARVIN, 2002).

A abordagem transcendente encontra suporte nas contribuições de Pirsing (2007), que afirma que a qualidade não é uma coisa concreta ou uma ideia, mas sim uma terceira via que independe destas duas, e que embora não se consiga atribuir uma definição objetiva, todos sabem reconhecê-la.

No entanto, assim como os outros tipos, essa abordagem apresenta suas limitações. A dificuldade desta concepção é que ela não proporciona uma orientação prática. Discutir sobre o que caracteriza a qualidade segundo esta visão, pouco nos diz como os produtos de alta qualidade se distinguem dos de baixa. Na realidade, em seu aspecto principal, esta definição nada mais alega do que, de onde quer que seja a natureza da qualidade, os indivíduos a reconhecerão quando a virem (GARVIN, 2002).

Segundo Garvin (2002), a maior parte dos conceitos existentes a respeito da qualidade, encaixam-se em alguma das abordagens explanadas até então, e a coexistência destas diferentes concepções tem implicações importantes no contexto de uma empresa. A primeira é que este fato ajuda a explicar as diferentes visões a respeito da qualidade sustentadas pelos setores de marketing e produção. Apesar da existência de conflitos entre os diferentes pontos de vista, ainda assim, deve-se cultivar e promover suas coexistências, a fim de evitar problemas.

Portanto, conclui-se que é necessário que uma organização trate a qualidade não apenas baseada em uma só abordagem, e sim em várias, visto que, considerando-se apenas um tipo de concepção, um produto não apresentará a qualidade necessária para se tornar competitivo.

3. COMPREENDENDO A GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

Com o advento da revolução industrial, houve uma nova ordem produtiva, focada na padronização e produção em grande escala, que deixou para trás as antigas práticas de customização que eram presentes até o final do século XIX no cenário industrial (MARTINELLI, 2009).

Já no início do século XX, o modelo de administração científica desenvolvido por Frederick W. Taylor, que padronizou os processos por meio da divisão do trabalho em pequenas frações controladas (focando na otimização e produtividade), ganhou notoriedade e os processos produtivos começaram a ser inspecionados por profissionais especializados (MARTINELLI, 2009).

Em 1931, Walter Shewhart, considerado um dos grandes nomes da qualidade, apresentou um dos primeiros métodos de controle da qualidade, utilizando-se de estatística aplicada aos processos, o que favorecia o monitoramento, aperfeiçoamento e controle das atividades (MARTINELLI, 2009).

Na década de 1940, no contexto da segunda guerra mundial, as demandas pela qualidade tornaram-se mais acentuadas, principalmente para às indústrias bélicas norte-americanas, que necessitavam produzir mais e com maior eficácia e o fizeram a partir do aprimoramento de técnicas estatísticas, a fim de aumentar a confiabilidade de seus produtos (RODRIGUES, 2012).

Nos anos que sucederam a guerra, o pátio industrial das principais potências do mundo já não era mais o mesmo e houve a necessidade da reconstrução de boa parte das indústrias com o auxílio dos Estados Unidos. (RODRIGUES, 2012).

Um dos principais casos de sucesso foi o da indústria japonesa, que aliando-se às técnicas norte-americanas, geraram métodos e ferramentas de gestão e controle da qualidade mundialmente reconhecidos e utilizados até os dias atuais (RODRIGUES, 2014).

O modelo de controle da qualidade japonês, denominado “*Company Wide Quality Control*” (CWQC), consistiu em um aprimoramento das ideias de Armand Feigenbaum com o “*Total Quality Control*” (TQC), que sistematizava a qualidade por toda a organização, atribuindo a responsabilidade pela qualidade não só a um setor e sim a toda a organização (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Ambas as filosofias tinham como objetivo o atingimento da chamada “Qualidade Total”, que pode ser conceituada como todas as dimensões que afetam direta ou indiretamente na satisfação das necessidades das pessoas e por ocasião a sobrevivência da empresa. Tais dimensões dividem-se em 5: qualidade; custo; entrega; moral e segurança (CAMPOS, 2004).

A dimensão da qualidade é diretamente ligada ao cliente interno ou externo. É medida através das características do produto ou serviços realizados pela organização. Esta dimensão está atrelada diretamente à qualidade dos produtos e serviços; qualidade da rotina empresarial; a qualidade do treinamento dos recursos humanos da empresa; a qualidade das informações; a qualidade das pessoas, a qualidade dos sistemas, enfim, a qualidade abrangente à todas as esferas organizacionais (CAMPOS, 2004).

Já a dimensão de custo, não está atrelada apenas aos custos finais dos produtos, mas também aos intermediários. O custo médio de compras, o custo de vendas, os custos com os recursos humanos etc. Tratar de preços é de fundamental importância, pois ele é um reflexo da qualidade, uma vez que, se cobra por um produto ou serviço o seu valor agregado (CAMPOS, 2004).

Na dimensão de entrega são medidas as condições de entrega do produto ou serviço, considerando-se os índices de atraso, índice de erros de localização em entregas e índices de quantidades erradas entregues (CAMPOS, 2004).

A dimensão de moral está diretamente ligada ao nível médio de satisfação de um grupo de pessoas, que podem ser um grupo de empregados da empresa, de uma seção ou departamento específico. Este índice pode ser medido através de índices como absenteísmo, *turn-over*, reclamações trabalhistas, entre outros (CAMPOS, 2004).

Já a dimensão de segurança trata da segurança dos clientes internos e externos de uma organização. Nesta dimensão é medida a segurança dos empregados por meio de indicadores tais quais número de acidentes, gravidade de acidentes, entre outros. A segurança dos clientes está diretamente ligada à responsabilidade civil pelo produto (CAMPOS, 2004).

Logo, se o objetivo de uma organização é atingir a Qualidade Total, os resultados devem ser medidos para que se possa analisar se os objetivos relacionados à cada uma das dimensões foram alcançados ou não. Diante de resultados divergentes com os objetivos traçados pela empresa, deve-se buscar as causas e atuar, para reverter a situação (CAMPOS, 2004).

Apesar de o CWQC e o TQC apresentarem semelhanças em seus ideais, também existem suas particularidades:

Na visão japonesa, o comportamento e o envolvimento dos funcionários com a Qualidade Total são mais notórios do que na visão norte-americana, que trata a Gestão da Qualidade como um tema que deve ser liderado por “especialistas”, devido à ênfase na aplicação de métodos e técnicas da qualidade. Ambas as visões, entretanto, têm a mesma essência, que pode ser resumida em uma mudança de comportamento e visão dos envolvidos no processo, de forma que todos trabalhem com foco no controle efetivo da qualidade, evitando erros, falhas e desperdícios (MARTINELLI, 2009, p.29).

Apesar de ambos os modelos serem baseados na visão de comprometimento total de toda a organização para a qualidade, o modelo japonês conseguiu trazer ainda mais a atuação e o envolvimento dos funcionários, tornando o CWQC mais abrangente, em comparação ao tradicional TQC americano.

A evolução do TQC na década de 1980 culminou no surgimento do “*Total Quality Management*” (ou Gerenciamento/Gestão da Qualidade Total) - TQM, um modelo mais abrangente quanto ao envolvimento das pessoas para obtenção da qualidade e mais voltado ao gerenciamento organizacional da qualidade e não apenas ao controle (MARTINELLI, 2009).

Com a adoção do TQM pretende-se alcançar a sustentabilidade de uma empresa frente às incertezas dos mercados. A aplicação dessa filosofia dentro da organização requer a união de todas as forças possíveis para a perseguição total da qualidade nos mais diversos setores e atividades da empresa. Desta maneira, a Gestão da Qualidade Total garante uma nova direção que afeta colaboradores e dirigentes (FISCHER et al., 2009).

De uma maneira mais profunda, o TQM pode ser definido como uma abordagem voltada para a melhoria da competitividade, flexibilidade e eficácia de toda a empresa, nos mais diversos níveis. Esta filosofia é, por essência, uma maneira de compreender, organizar e planejar cada atividade executada, de acordo com o nível organizacional de cada indivíduo. Para que se alcance a verdadeira eficiência, cada setor de uma organização deve apresentar sinergia com os outros, visando alcançar os mesmos objetivos, compreenden-

do que cada indivíduo e cada atividade tem o poder de influenciar em outras (OAKLAND, 1994).

Ainda sobre o TQM, Fischer et al. (2009) afirma que é necessário haver uma nova forma de pensar das camadas mais altas da organização, sendo necessário que se tenha uma nova compreensão dos papéis da direção, assumindo 3 importantes funções.

A primeira função da direção da empresa em relação à Gestão da Qualidade Total é inerente à iniciativa, sendo de seu pertencimento, tarefas como o desenvolvimento de estratégias e políticas específicas para a empresa. Aliado a isso, é necessário definir e comunicar padrões de referência, os quais os colaboradores deverão utilizar para promover o fortalecimento da cultura da qualidade na empresa (FISCHER et al., 2009).

A segunda função da diretoria é a de exemplo, que é fundamental para a aceitação e credibilidade de todas as atividades do TQM. Apenas com o empenho de toda alta administração em difundirem os princípios e valores da Gestão da Qualidade Total, os trabalhadores poderão convencer-se de que seus esforços são de fundamental importância para a organização, promovendo um grande benefício para a empresa (FISCHER et al., 2009).

Já a terceira função da direção é referente a função de serviço, com a qual se expressa que os diretores não são responsáveis apenas por suas próprias ações, e devem criar um ambiente propício para que os colaboradores exerçam um trabalho de excelência. Para que isso seja possível, é necessário que haja a disponibilidade de recursos financeiros, materiais e humanos para ações de melhoria e manutenção das atividades de TQM (FISCHER et al., 2009).

Executadas todas as funções pertencentes à direção elencadas acima, cria-se um ambiente muito mais favorável para a difusão da Gestão da Qualidade Total, uma vez que os colaboradores envolvidos nos mais diversos setores de uma organização, tendem a possuir maior viabilidade para a execução de suas ações e também maior empenho, visto que seus gestores os garantem o que é necessário e os dão bons direcionamentos, ocasionando assim, um efeito cascata onde consegue-se atingir primeiramente a satisfação dos clientes internos e por conseguinte, dos externos.

Segundo Martinelli (2009), existem alguns pontos que são definidos como mandamentos da filosofia TQM, que podem ser utilizados como maneira de auxiliar no estabelecimento de uma política voltada para a qualidade. Tais pontos são provenientes da contribuição de importantes gurus da qualidade e podem ser definidos em 7: Comprometimento; Mudança Cultural; Satisfação do cliente-Fornecedor; Comunicação e Disseminação de Informações; Desenvolvimento de Recursos; Gestão Participativa e Trabalho em Grupo Sistemas e Ferramentas.

O primeiro mandamento, refere-se ao comprometimento total de todos os envolvidos nos processos da organização, sejam estes os clientes, fornecedores ou parceiros, com a busca da melhoria contínua e excelência, que são fatores fundamentais para a implantação do TQM e deve ser liderado pela diretoria e disseminado progressivamente para toda a organização. Já o segundo mandamento refere-se à mudança cultural da organização, primando para a adoção da filosofia TQM, onde prega-se que é necessário fazer as coisas certas, da primeira vez, remetendo ao entendimento de “defeito zero”, ou seja, a inexistência de erros nos processos. Para que isso seja viável, é necessário possuir conhecimento profundo a respeito das necessidades e expectativas dos clientes internos e externos (MARTINELLI, 2009).

No terceiro mandamento tem-se a satisfação dos clientes e fornecedores, que é buscada através dos compromissos traçados com suas necessidades e expectativas, que são

premissas substanciais para a implantação do TQM. Todas as esferas da organização devem compreender que o cliente é a razão da existência da empresa e para que isso seja difundido para todos, é necessário haver uma constante interação entre a organização, os clientes e os fornecedores. O quarto mandamento refere-se às boas práticas de comunicação e disseminação de informações por toda empresa, tendo em vista que um dos requisitos do TQM é a transparência e o acompanhamento do fluxo de informações que possibilitam que os processos ocorram de maneira assertiva e satisfatória (MARTINELLI, 2009).

O quinto mandamento é referente ao desenvolvimento de recursos humanos, que consiste em capacitar os colaboradores a fim de torná-los especialistas, com foco no desenvolvimento de habilidades que lhe serão úteis tanto na vida profissional, quanto pessoal. Para isso, é fundamental que se busque fomentar o espírito de colaboração e iniciativa dos colaboradores e de fundamental importância que possuam o conhecimento da missão, visão e valores da organização, para que haja assim, um senso de integração por parte dos trabalhadores com os processos de mudança. O sexto mandamento refere-se à gestão participativa e os trabalhos em grupo, que são viabilizados através da disseminação de informações e do desenvolvimento dos recursos humanos. A participação e o trabalho em equipe fortalecem as tomadas de decisão, gera comprometimento e mobiliza os participantes dos processos com os resultados. O sétimo e último mandamento é referente aos sistemas e ferramentas que viabilizam o controle de desempenho e a garantia da qualidade por parte dos colaboradores desenvolvidos e comprometidos com as mudanças culturais da empresa, de modo que consigam satisfazer todas as necessidades e expectativas do cliente (MARTINELLI, 2009).

A aplicação do TQM dentro das empresas segue sendo um fator primordial para o funcionamento inteligente das organizações no século XXI. Gerenciar a qualidade de maneira Total dentro das empresas, traz resultados positivos e grandes diferenciais, o que possibilita a otimização dos resultados frente ao mercado.

4. A INFLUÊNCIA DO TQM NA COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS

O aumento da competitividade no mercado globalizado exige das organizações um aumento significativo da preocupação com a Qualidade Total. A concorrência já não existe mais apenas em mercados regionais e sim globais, portanto, a sobrevivência nesse território requer cada vez mais empenho das organizações (MARTINELLI, 2009).

Para que a sobrevivência no mercado seja atingida, é possível depreender que toda empresa apresente características voltadas para a satisfação e garantia da fidelidade de sus clientes, de modo que alcance seus objetivos e metas traçados nos mais diversos níveis organizacionais, garantindo assim, seu diferencial frente às concorrentes.

É possível afirmar que uma organização é capaz de alcançar um melhor desempenho competitivo ainda que não se utilize das práticas de TQM. Entretanto, também é possível afirmar que empresas que adotam essas práticas de maneira organizada garantem melhores resultados (GUERRA; TANDOLO, 2015).

Logo, entende-se que a Gestão da Qualidade Total não é um item mandatário na realidade de uma empresa, entretanto, todos os aspectos positivos presentes nessa filosofia contribuem para o bom funcionamento e crescimento da mesma, uma vez que por meio dela busca-se atingir a qualidade em todos os âmbitos da organização, o que potencializa em alto grau no nível de competitividade de uma empresa e por conseguinte, sua sobrevivência frente ao mercado.

Campos (2004), relaciona o conceito de competitividade a um outro termo bastante conhecido dentro das organizações: o de produtividade. Para o autor, o conceito de produtividade está relacionado ao quociente da qualidade pelos custos, tornando clara a afirmação de que a produtividade é aumentada pela melhoria da qualidade, ao menor custo possível. Compreendendo a respeito da produtividade, pode-se chegar ao conceito de competitividade, que para o autor nada mais é que obter a maior produtividade em relação a todos os concorrentes.

A partir disso, é possível entender que produtividade e competitividade são dois conceitos que andam juntos e que para a obtenção efetiva de um (no caso da competitividade), se faz necessário que o outro possua seu maior valor possível (no caso da produtividade).

Portanto, é possível afirmar que o que garante a sobrevivência de uma organização frente ao mercado é a garantia de sua competitividade. Entretanto, para que a competitividade exista, é necessário que esta seja decorrente da produtividade, que por sua vez, decorre da qualidade (FALCONI, 2004).

A competição determina o sucesso ou fracasso de uma organização, sendo uma realidade presente na maior parte das economias do mundo. Uma empresa realmente competitiva em seu setor, precisa atentar-se à diversos aspectos voltados a atividade da concorrência, assim como suas relações com as partes importantes de seus processos e sua existência. Diante disso, uma organização deve assumir medidas estratégicas com foco na competitividade frente à concorrência, desta forma, adquirindo vantagem competitiva (DE OLIVEIRA; 2019).

A partir do exposto, é possível compreender que o sucesso de uma organização está diretamente ligado ao tratamento de suas estratégias e ao conhecimento a respeito das movimentações da concorrência, uma vez que através do devido tratamento e foco a esses dois pontos, a empresa consegue sair na frente em diversos quesitos fundamentais para sua evolução e competitividade.

O implemento de estratégias organizacionais focadas nos clientes e fornecedores, com a promoção da participação de funcionários por meio da capacitação, treinamento, educação, cultura organizacional embasada pela alta administração, é importante para o sucesso do TQM em uma organização. Ademais, é necessário que a organização possua técnicas de análises que melhorem sua gestão, favorecendo sua performance. (GUERRA; TANDOLO, 2015).

Portanto, para que exista a Gestão da Qualidade Total dentro de uma empresa, o foco principal devem ser as pessoas envolvidas diretamente nos processos. Desenvolver a capacidade dos recursos humanos ao máximo, se faz necessário, pois através disso a difusão dos ideais da filosofia TQM pode alcançar todas as áreas da empresa e não apenas camadas específicas, como por exemplo, as lideranças ou então os setores específicos da qualidade.

A vantagem competitiva traz em seu conceito intima ligação ao valor produzido e entregue aos clientes por parte da empresa, sem que este valor possa ser entregue por um concorrente. Outro aspecto que deve ser ressaltado a respeito da vantagem competitiva é o de que ela deve ser sustentável por um longo período de tempo, sem que possa ser replicada por outros competidores (DE OLIVEIRA; 2019).

A qualidade total é considerada um importante fator estratégico adotado pelas empresas, uma vez que a aplicação dos princípios e mandamentos do TQM trazem impacto positivo direto para o desempenho da organização, de maneira que promovem aumento da competitividade (DE OLIVEIRA; 2009).

Para Roman et al. (2012), o estudo dos fatores que influenciam a competitividade é

significativamente importante para que se encontre o método adequado para desenvolver os melhores processos e produtos, focando na utilização das melhores práticas em custos, qualidade, prazo e compreensão das necessidades dos clientes, a fim de satisfazê-las por meio do produto ou serviço oferecido. A identificação de criticidades é de suma importância para que a organização consiga desempenhar melhor frente ao mercado, desta maneira, contemplando seus objetivos estratégicos.

Para Guerra e Tandolo (2015), as organizações que buscam melhorar seus desempenhos frente ao mercado são aquelas que correlacionam os aspectos gerenciais do TQM, na tentativa de corresponder às crescentes demandas do mercado, sempre buscando focar na melhoria contínua e inovação, como meio de satisfazer às necessidades e expectativas dos clientes e demais participantes dos processos organizacionais.

Para que uma organização alcance a competitividade se faz necessário que todos os aspectos da Gestão da Qualidade Total relacionem-se diretamente aos objetivos estratégicos. Ainda que cada empresa apresente suas particularidades, é necessário identificar elementos que demonstrem alinhamento com as estratégias da organização e utilizar-se deles para um melhor posicionamento competitivo (GUERRA; TANDOLO; 2015).

Portanto, uma organização que visa ser competitiva reconhecer seu posicionamento no mercado para que trace suas estratégias, considerando sempre suas particularidades e buscando alinhá-las em busca de uma melhor otimização de seus resultados e competitividade.

Diante dos diversos estudos que correlacionam as práticas do TQM à vantagem competitiva, percebeu-se em sua maioria apresentam uma relação positiva, uma vez que o conjunto de boas práticas presentes no cerne da Gestão da Qualidade, contribuem para a inovação que apresenta correlação direta com o aumento de vantagem competitiva (DE OLIVEIRA, 2019).

Portanto, práticas como a gestão do conhecimento, desenvolvimento profissional e pessoal de colaboradores, desenvolvimento de lideranças, controles estatísticos da qualidade, garantia da qualidade, entre outros, são boas práticas que podem favorecer o aumento da vantagem competitiva de uma organização, favorecendo assim, com que a mesma consiga apresentar um diferencial em relação às concorrentes e consiga sobreviver frente ao mercado.

Logo, correlacionando as ideias expostas acima, é possível depreender que a adoção do TQM não é mandatória para que se alcance a vantagem competitiva no cenário mercadológico. Segundo as afirmações de Guerra e Tandolo (2015), é perfeitamente possível que uma empresa alcance resultados satisfatórios em relação à competitividade, sem que seja adepta da filosofia TQM.

Entretanto, as boas práticas defendidas e tidas como mandamentos da Gestão da Qualidade Total, colaboram para que a organização possua um melhor gerenciamento e controle de suas ações, bem como de seus produtos e resultados, por meio da gestão do conhecimento e ferramentas da qualidade aplicadas, o que indubitavelmente garante tomadas de decisão mais assertivas em todos os níveis organizacionais, que possibilitam com que sua competitividade perdure e melhore continuamente através do tempo, garantindo assim sua sobrevivência no mercado.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta obra, foi possível concluir que ao longo de toda a história humana, o

conceito de qualidade demonstrou diversas mudanças e visões particulares a seu respeito, provenientes de variadas contribuições dos mais diversos teóricos, cada qual com suas particularidades e visões à respeito do tema e, desta maneira, atribuindo à qualidade uma característica diversificada, onde deve-se considerar mais de uma abordagem, das diversas existentes.

Já para a Gestão da Qualidade Total, foi possível compreender o contexto histórico que culminou em sua criação. Toda a sua evolução, ocasionadas pelas necessidades criadas no século XX, especialmente após a segunda guerra mundial, onde as nações mais afetadas pelo conflito, necessitaram de reconstrução em seus pátios industriais e o fizeram por meio do investimento, tecnologia e otimização das técnicas de controle da qualidade total, que logo depois culminou no surgimento do “*Total Quality Management*” (TQM) nos anos 80, e ainda é muito difundido nas organizações durante o século XXI.

Por fim, foi analisada a existência de correlação entre a Gestão da Qualidade Total e a sua relevância para a manutenção da competitividade e sobrevivência das empresas, onde foi possível observar que a prática do TQM, não é obrigatória a uma empresa, podendo a mesma alcançar bons resultados, independente de ser adepta ou não a esta filosofia. Entretanto, foi possível observar que os fatores fundamentais para o aumento da competitividade de uma organização, tais como a gestão do conhecimento, inovação e aquisição de vantagem competitiva, são alcançados com maior facilidade, adotando-se as boas práticas da Gestão da Qualidade Total.

Para estudos futuros, sugere-se uma investigação de como a Gestão da Qualidade Total pode ser afetada de maneira positiva no contexto das novas evoluções tecnológicas e indústria 4.0, trazendo a partir disso, uma análise a respeito da possibilidade de utilizar a tecnologia como um meio de otimização para o TQM.

Referências

ABBOTT, Lawrence. **Quality and Competition**: An Essay in Economic Theory. Columbia University Press. 1955. p. 124-138.

Acesso em: 5 out. 2022.

BARBOSA, Flávia M. **Liderança e Gestão da qualidade – Um estudo de correlação entre estilos de liderança e princípios de gestão da qualidade**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-27072015-104519/pt-br.php>.

BROH, Robert A. **Managing Quality of Higer Profits**. New York: McGraw-Hill, 1982.

CAMPOS, Vicente F. **TQC – Controle da qualidade Total (no estilo japonês)** [8.ed]. Nova Lima: IDNG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

DE OLIVEIRA, Jhon L A. **Práticas de Gestão da qualidade, inovação e vantagem competitiva**: Análise das relações em empresas de manufatura certificadas com a ISO 9001 no Brasil. 2019. 119 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2019. Disponível em: <https://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/11273>. Acesso em: 22 out. 2022.

FEIGENBAUM, Armand V. **Total Quality Control**. McGraw-Hill Book Company. New York, 1983.

FISCHER, Georg. *et al.* **Gestão da Qualidade**: Segurança do trabalho e gestão ambiental [2.ed]. São Paulo: Blucher, 2009.

GARVIN, David A. **Gerenciando a Qualidade**: A visão estratégica e competitiva [3.ed]. Jacarepaguá: Qualitymark, 2002.

GUERRA, Rodrigo Marques A; TANDOLO, Vilmar Antônio G. COMPREENDENDO A RELAÇÃO ENTRE TQM HARD, SOFT E PERFORMANCE: UMA ABORDAGEM TEÓRICA. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**,



Florianópolis, v.8, n3, p. 244-275, dez, 2015. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/EeN/index>. Acesso em: 29 out, 2022.

MARTINELLI, Fernando B. **Gestão da Qualidade Total**. Curitiba: IESDE, 2009.

OAKLAND, Jhon S. **Gerenciamento da Qualidade Total**. São Paulo: Livraria Nobel, 1994.

RODRIGUES, Marcus Vinícius C. **Ações para a qualidade** [4.ed]. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

ROMAN, Darlan J. Fatores de competitividade. **BBR - Revisão Empresarial Brasileira**. Vitória, 2012, v.9, n1, p.27-46. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=123023626002>. Acesso em: 29 out, 2022.

SHEWFELT, Robert L. **What is quality?** Postharvest Biology and Technology, v.15, 1999.

47

**GERENCIAMENTO DE PROJETOS COM SCRUM COMO
APLICABILIDADE DE UMA METODOLOGIA ÁGIL**
*PROJECT MANAGEMENT WITH SCRUM AS APPLICABILITY
OF AN AGILE METHODOLOGY*

Ana Paula Sousa Batista

Resumo

Com o objetivo de se adequar a projetos mais complexos que possuam alto desempenho e maior índice de flexibilidade, as empresas brasileiras na contemporaneidade vêm buscando alternativas na execução de serviços e produtos que escapam da forma de gerenciamento tradicional. Apesar de a metodologia tradicional ter etapas muito bem definidas e estimativas de orçamento mais lapidadas, o resultado é apenas vislumbrado no final do projeto. Com o aumento abrupto na competitividade de mercado, a busca por personalização se tornou uma válvula de escape de gerenciamento. Essas metodologias ágeis possibilitam ser incrementais e entregar serviços e produtos no transcorrer do projeto, estreitando a relação entre cliente e empresa. Dentro das inúmeras alternativas de gerenciamento ágil, a metodologia Scrum predomina por ser de fácil compreensão, contudo sua implementação exige disciplina e organização. Este trabalho tem como propósito analisar este procedimento metodológico e acompanhar a implementação como metodologias ágeis em projetos de empresas. Logo, o estudo teve como objetivo apresentar o impacto processo da metodologia Scrum na gestão de projetos em empresas. Ao longo deste projeto foi realizado um levantamento dos benefícios da metodologia Scrum para a empresa, procedendo-se, em seguida, à implementação com as adaptações sugeridas.

Palavras-chave: Metodologia Ágil, Scrum, Gerenciamento, Implementação.

Abstract

With the aim of adapting to more complex projects that have high performance and greater flexibility, contemporary Brazilian companies have been looking for alternatives in the execution of services and products that escape the traditional form of management. Despite the traditional methodology having very well defined stages and more refined budget estimates, the result is only glimpsed at the end of the project. With the abrupt increase in market competitiveness, the quest for customization has become a management escape valve. These agile methodologies make it possible to be incremental and deliver services and products over the course of the project, strengthening the relationship between client and company. Within the numerous agile management alternatives, the Scrum methodology prevails because it is easy to understand, however its implementation requires discipline and organization. The purpose of this work is to analyze this methodological procedure and monitor its implementation as agile methodologies in company projects. Therefore, the study aimed to present the process impact of the Scrum methodology on project management in companies. Throughout this project, a survey of the benefits of the Scrum methodology for the company was carried out, followed by implementation with the suggested adaptations.

Keywords: Agile Methodology, Scrum, Management, Implementation.

1. INTRODUÇÃO

As empresas, em sua maioria, ainda estão consolidando os seus processos de trabalho e que para a criação de um software é necessário ter conhecimento de seus processos. A metodologia Scrum além de facilitar o entendimento do processo por dividir o projeto em ciclos, ajuda o próprio cliente a descrever os fluxos de seus processos. Neste compasso, uma questão pode ser assim colocada: Como a metodologia ágil Scrum se instrumentaliza como ferramenta eficiente na gestão de projetos?

O objetivo geral deste trabalho é analisar a utilização da estruturação e a logística do Scrum como metodologia ágil. De forma específica, buscam-se compreender o papel do Scrum e sua responsabilidade, em relação ao planejamento, gestão, papéis, artefatos e sprint com objetivo de verificar sua aderência para a gestão de empresas de software e identificar em que nível as características da metodologia Scrum estão sendo aplicadas e identificar possíveis óbices para a aplicabilidade.

Este trabalho bibliográfico surgiu de uma pesquisa acerca do gerenciamento de projetos com Scrum como aplicabilidade de uma metodologia ágil, mais especificamente sobre as principais características do método scrum e suas consequências práticas quando aplicadas de forma correta, na gestão de projetos.

Quanto à metodologia, a pesquisa realizada foi Revisão de Literatura e de abordagem qualitativa. Foi realizada a leitura e o fichamento de obras doutrinárias, dissertações, banco de dados, de artigos científicos, além de matérias jornalísticas. Após a conclusão dos fichamentos, foi realizada a interpretação dos dados obtidos à luz do referencial teórico escolhido.

O trabalho está dividido em três capítulos. No primeiro foi buscado expor de forma histórica o processo de modernidade e celeridades das atividades laborativas para a gestão de projetos e o surgimento do Scrum. O segundo capítulo se faz a análise comparativa entre a metodologia tradicional e o Scrum, com abordagem ao ciclo de atuação e organização como desenvolvedora de software. No terceiro capítulo, é abordado o redesenho do processo utilizando a metodologia Scrum e o seu processo de gerenciamento. A partir disso, é feita a exposição de empresas que adotam a metodologia Scrum como forma de otimização ágil.

2. A ESTRUTURAÇÃO E A LOGÍSTICA DE ATUAÇÃO DO SCRUM

2.1 A contextualização

O boom em tempos de guerra e pós-guerra exigiu das empresas articulação e a busca por novas metodologias de desenvolvimento de planejamento de seus projetos. Durante a Segunda Guerra Mundial foram criadas algumas metodologias de análise de redes, como o *Critical path Method* (CPM) pela *Dupont/Remington Rand* e o *Program Evolution and Review Technique* (PERT) pelo Escritório de Projetos Especiais da Marinha dos Estados Unidos, de modo que todo o conceito relacionado à gerência de projetos surgiu no referido país em meados dos anos 50 (CODAS, 1987).

De forma lógica, para tanto, o desenvolvimento se deu devido ao fracasso de muitos grandes projetos de software, na década de 60 e no início da década de 70 foi a primeira sinalização dos percalços de gerenciamento de software. O software era entregue com



atraso, não era confiável, custava várias vezes mais do que previam as estimativas originais e, muitas vezes, exibia características decadentes de funcionalidade.

Esses projetos não fracassaram porque os programadores eram incompetentes ou não conseguiram instrumentalizar os softwares. Ao contrário, esses projetos grandes e desafiadores atraíam pessoas de capacitação elevada. A falha declinava do *modus operandi*, isto é, na abordagem de gerenciamento utilizada. Técnicas de gerenciamento oriundas de outras disciplinas da engenharia eram aplicadas e mostravam-se ineficazes para o desenvolvimento de software (SOMMERVILLE, 2004).

O desenvolvimento de produtos é uma atividade bastante complexa, principalmente para as empresas que possuem grandes limitações de recursos (MELO, 2009). Segundo Mundin et al. (2002), o desenvolvimento de produtos se relaciona com praticamente todas as demais funções de uma empresa. Isso porque, para desenvolver produtos são necessárias informações e habilidades de membros de todas as áreas funcionais, caracterizando-se como uma atividade, em princípio, multidisciplinar.

Além disso, trata-se de uma atividade com uma característica *ad-hoc*, em que cada projeto de desenvolvimento pode apresentar características específicas e um histórico particular. A necessidade de gerenciamento é uma importante distinção entre o desenvolvimento profissional de softwares e a programação em nível amador. O gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos (SOMMERVILLE, 2004).

Posteriormente, nos anos 70, surgiram técnicas relacionadas ao gerenciamento de interface entre suprimentos, à engenharia de projetos e à construção. Por sua vez, na década de 1980 iniciou a necessidade de identificar e dividir responsabilidades dentro de um ambiente com inúmeras divisões de atividades, o que levou a combinação e a vinculação de frações específicas de atividades à unidade específica dentro de uma organização (CODAS, 1987).

Ao longo dos anos, várias metodologias de desenvolvimento de produtos foram apresentadas. Entre elas, existem as chamadas metodologias ágeis ou leves (AMBLER, 2002). A metodologia ágil teve seu surgimento durante os anos 90 como reação aos métodos de desenvolvimento burocráticos e lentos da época. Inicialmente, as metodologias ágeis¹, eram denominadas como métodos de desenvolvimento “leves”.

As metodologias tradicionais não têm atendido às necessidades dos projetos de software, que exigem cada vez mais uma resposta rápida e eficiente à demanda dos clientes, além da alta competitividade. As metodologias ágeis vieram suprir estas exigências garantindo uma formalização e uma produção de alto desempenho, sem deixar de lado o atendimento aos requisitos de segurança e controle de todo o processo de desenvolvimento de software (AMBLER, 2002).

As metodologias ágeis tratam-se de metodologias de desenvolvimento adaptativas e flexíveis, e que são indicadas para cenários onde a mudança de requisitos é constante e os resultados precisam ser entregues ao cliente em curtos espaços de tempo. A proposta destas metodologias é dividir o desenvolvimento em ciclos mais curtos, ou iterações, de apenas algumas semanas, de modo que, ao final de cada ciclo, o cliente (interno ou externo) receba uma versão que agregue valor ao seu negócio (DANTAS, 2003).

Muitas empresas estão tentando tornar suas equipes de desenvolvimento mais ágeis,

¹ O termo metodologias ágeis tornou-se popular em 2001, quando 17 especialistas em processo de desenvolvimento de software estabeleceram princípios comuns compartilhados por todos esses métodos. O resultado foi a criação do “*The Agile Manifesto*” no qual abordaram o nome Metodologia Ágil. Este manifesto foi criado com o intuito de fazer a união entre diferentes metodologias ágeis [Agile 2011].

pois vêm produzindo softwares com mais qualidade e que atendem melhor os requisitos impostos pelos clientes. Equipes ágeis tendem a introduzir seus produtos no mercado com muito mais rapidez, levando em consideração principalmente a satisfação dos clientes com os requisitos e objetivos do produto (COHN, 2011).

Diante dessa busca por agilidade, ao longo dos anos surgiram diversas metodologias de desenvolvimento ágil, como por exemplo, a metodologia Scrum, estrutura de logística que ajuda as equipes a trabalharem juntas, estimulando as equipes a aprenderem com as experiências, a se organizarem enquanto resolvem um problema e a refletirem sobre os êxitos e fracassos sobre projetos.

A primeira versão da metodologia Scrum² foi criada por Ken Schwaber e Jeff Sutherland em 1995. O Scrum propõe que os projetos sejam divididos em ciclos, permitindo uma abordagem de forma iterativa e possibilitando entregas incrementais. Além disso, descreve as equipes realizadoras dos projetos como sendo autogerenciáveis. Este conjunto de ações possibilita o aumento da produtividade e agilidade do projeto, além de um maior contato com o cliente tal (SUTHERLAND, 2016).

A partir disso, o gerenciamento de projetos passou a ser tratado de maneira mais complexa e com maior flexibilização, já que o controle de recursos da empresa é tão importante quanto etapas como planejamento e organização. Esses três pontos são igualmente importantes para executar um objetivo no prazo estabelecido (KERZNER, 2011). O trabalho com projetos se difere de atividades cotidianas, pois dispõe de uma função temporária e isso implica em restrições dentro do seu escopo operacional (CARVALHO, 2007).

2.2 A metodologia Scrum

A metodologia Scrum propõe uma abordagem de fomentar e iterativa para minimizar riscos e se adaptar facilmente às mudanças. Para tanto, o método é flexível, já que envolve a construção de uma parte do sistema para cada etapa (VASCO; VITHOFT, ESTANTE, 2004).

Nas palavras de Schwaber (2014), o Scrum é uma metodologia ágil de desenvolvimento de software. Como visto supramente, é utilizado para definir padrões de gestão e planejamento de projetos de software. Os processos são divididos em ciclos, sendo que cada um representa uma parte na qual o conjunto de atividades deve ser executado de forma interativa e orgânica.

Segundo metodologia adotada por Cohn (2006), funciona com base em interações, que são ciclos de produção e avaliação realizados para aperfeiçoar um item, ainda durante a fase de produção. As interações e o Scrum funcionam de maneira dinâmica, incorporando o conceito de MVP (*Minimum Viable Product* ou Mínimo Produto Viável), com atuação mais livre e dinâmica.

Para tanto, isso representa que, ao final de cada interação, a equipe formada entrega a versão mais simples do produto final, a partir do menor esforço possível, que será apresentada ao cliente. A ideia da instrumentalização do método Scrum é justamente essa, entregar um resultado prático e real, de forma mais célere e otimizada, levando em consideração, durante toda a elaboração do projeto, a relação entre empresa por meio de seus representantes desenvolvedores e clientes.

² O Scrum foi inserido pela primeira vez em um artigo publicado pela The Harvard Business Review, em 1986. A obra foi realizada por Hirotaka Takeuchi e Ikujiro Nonaka, nomeado de “*The New New Product Development Game*”, que com tradução para o português significa “O Novo Jogo de Desenvolvimento de Novos Produtos”. Essa metáfora de “novo jogo” utilizada pelos autores, foi com o intento de descrever uma abordagem de desenvolvimento e de gerenciamento de projetos ou de produtos. Além disso, os autores utilizaram a estratégia baseada no jogo de Rugby.

O Scrum usa um esqueleto de processo iterativo e incremental para aperfeiçoar a previsibilidade e melhorar o controle de riscos de gerenciamento. As equipes são enxutas e possuem três papéis principais desempenhados no projeto: o *Product Owner*, o *Scrum Master* e o time de desenvolvimento (SCHWABER, 2004).

O *Product Owner* (Dono do produto) corresponde a representação dos interesses do cliente no projeto e, em alguns casos, é o próprio cliente. Já o *Scrum Master* (Mestre Scrum): responsável pela execução de todas as regras do *Scrum* e *Team* (Time): responsável por desenvolver o projeto (SCHWABER, 2004).

Nas palavras Albino, Souza e Prado (2013), o projeto Scrum tem início quando uma visão do que deverá ser feito é criada, ou seja, se tem conhecimento das características que o cliente almeja que o projeto contenha ao seu final, levando em consideração a problemática atual. Após o entendimento do que será feito é criado um documento abarcando a lista de todos os requisitos que foram levantados, denominado como o *Product Backlog*.

Schwaber (2004), explana que após a formação da listagem inicia-se uma reunião de planejamento e articulação chamada *Sprint Planning Meeting*, almejando definir o Sprint inicial do projeto. Neste, o *Product Owner* e o *Team* decidem em conjunto o que deverá ser desenvolvido. No decorrer do *Sprint* reuniões são feitas diariamente para acompanhar o progresso do trabalho e outras reuniões podem ser agendadas, se necessário for.

Ao final do Sprint, uma *Sprint Review Meeting* (reunião de revisão) é feita para que seja apresentado o resultado alcançado. Neste momento, são validadas as funcionalidades e caso sejam necessárias, ajustes são feitos. Esse processo se repete até que todo o *Product Backlog* seja atendido e o produto entregue ao cliente como solicitado.

Essa metodologia é impactante para projetos relacionados à criação de novas tecnologias por permitir a probabilidade de desenvolvimento está incorreto na primeira etapa, permitindo o feedback do cliente a cada entrega parcial e o aperfeiçoamento nas etapas posteriores de forma concatenadas e dinâmicas (VASCO; VITHOFT, ESTANTE, 2004).

Uma pesquisa científica feita nos Estados Unidos indicou que, dentre sete mil projetos realizados dentro da metodologia *Scrum*, os que demonstraram melhores performances em relação à comunicação e à organização eram incorporados por 5 a 7 participantes. Portanto, esse dado se perfaz como um dos princípios fundamentais do *Scrum*, que recomenda equipes pequenas com até sete pessoas, já que pequenas equipes maximizam a comunicação e minimizam a supervisão (COHN, 2011).

O impacto das mudanças foi positivo, fazendo com que a equipe trabalhasse em conjunto, melhorando a autoestima e assim o rendimento de todos os envolvidos no processo. Uma pontuação a se destacar foi a quantificação dos resultados obtidos, tanto com o levantamento de dados antes e depois da adoção.

2.3 Os pilares e a estruturação do Scrum

O Scrum é fundamentado nas teorias empíricas de controle de processo, que afirmam que o conhecimento vem da experiência e da tomada de decisões baseadas no que é conhecido. É sustentado por três pilares: a transparência, a inspeção e a adaptação (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

A transparência garante que as características específicas do processo estejam visíveis aos responsáveis pelos resultados, rogando por aspectos definidos por um padrão comum para que todos tenham um mesmo conhecimento do que está sendo abordado.

Por exemplo, uma definição de “pronto” deve ser obtida tanto pelos responsáveis pela criação quanto pelos responsáveis pela validação do projeto, de forma dinâmica e interativa (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013). Por isso se destaca a característica interatividade da metodologia Scrum.

Já a inspeção determina que, reiteradamente, devem-se observar os artefatos gerados bem como a evolução do projeto de encontro ao objetivo, para detectar indesejáveis variações, porém, sem ter uma frequência que atrapalhe a própria execução das tarefas para se atingir o objetivo final. As inspeções são mais benéficas quando realizadas de forma assídua por inspetores especializados no trabalho a se verificar do projeto em desenvolvimento (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Por outro lado, a adaptação completa que, quando determinado por uma inspeção que um ou mais aspectos de um processo estão escapando dos limites aceitáveis, gerando um produto onde o resultado não será o esperado, ajustes devem ser realizados de forma imediata, minimizando os riscos para se atingir melhores resultados (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

O processo pode ser feito de quatro formas dinâmicas e interativas, a saber: “A reunião de planejamento da *Sprint*; a reunião diária (*Daily Scrum Meeting*); a Reunião de revisão da *Sprint* e a Retrospectiva da *Sprint*” (SCHWABER, 2004).

A equipe Scrum é enxuta e a metodologia compõe um ciclo de vida sustentada em três fases: planejamento, desenvolvimento e pós-planejamento. Por sua vez, o time possui três papéis principais que são desempenhados no projeto: o *Product Owner*, o *Scrum Master* e o time de desenvolvimento (SCHWABER, 2004).

O projeto Scrum se inicia com uma visão ampla do que deve ser feito e as características almejadas pelo cliente se tornam mais palpáveis e lapidadas. Nessa etapa começa a função do *Product Owner*, isto é, que é o responsável por representar o interesse do cliente do projeto, podendo, em alguns casos, ser o próprio cliente que coopera dentro da equipe, uma vez que como já mencionado, o projeto é dinâmico e permite interatividade (ALBINO; SOUZA; PRADO, 2013).

Após a compreensão do que será realizado, é elaborado um documento que contém a lista de todos os requisitos necessários para o produto, sendo esse levantamento chamado de *Product Backlog* ou Requisitos do Projeto (ALBINO; SOUZA; PRADO, 2013). A posterior é imperativo um bom desempenho da função *Scrum Master* por alguém capaz de liderar a equipe e auxiliar o time Scrum a entender e usar o autogerenciamento e interdisciplinaridade, além da proximidade com o Gerente de Projetos nas metodologias tradicionais, ainda que tais figuras desempenhem funções distintas (ALBINO; SOUZA; PRADO, 2013).

Por último, existe a equipe técnica, que é responsável pelo desenvolvimento do projeto (ALBINO; SOUZA; PRADO, 2013). Após o levantamento do *Product Backlog*, se dá início a reunião de planejamento das Sprints, denominada de *Sprint Planning Meeting*, que tem como escopo definir a Sprint inicial do projeto (SCHWABER, 2004). Cabe pontuar aqui que os conceitos das Sprints serão aprofundados no próximo capítulo.

Na reunião, o time inteiro está presente e nela se define o que será produzido. Ao longo de cada Sprint, são realizadas reuniões diárias chamadas de *Daily Scrums*, momento deliberativo em que se acompanha o progresso do trabalho. O processo não é engendrado e, caso novas reuniões sejam necessárias ao longo de uma Sprint, elas podem ser agendadas (SCHWABER, 2004).

Além disso, uma reunião diversa, chamada de *Sprint Review Meeting*, é realizada ao final de cada Sprint, quando os resultados são apresentados e revisados. Esse é o momen-

to em que adaptações são realizadas e validadas e esse mecanismo se repete até que o *Product Backlog* seja atendido e finalizado (SCHWABER, 2004).

3. A ATUAÇÃO DO SCRUM

3.1 Papéis e responsabilidades do Scrum

Mister se faz necessário ressaltar que o processo de desenvolvimento e articulação de software desenvolvimento a partir da aplicabilidade do método Scrum necessita de arcar uma série de atividade concomitantes e fixar alguns papéis importantes, na forma de divisão de tarefas.

Para tanto, para que o software seja articulado com base nas características do *Scrum* é imprescindível que a equipe responsável pelo desenvolvimento, no qual foi nomeada com base na própria metodologia de Time Scrum (Scrum Time) e abordada no capítulo anterior, tenha papéis bem claros e precisos, estes papéis são três, a conhecimento: *Product Owner*, *Scrum Master* e *Team* (SCHWABER, 2004).

O *Product Owner* é denominado como o dono do produto, significa dizer que fica encarregado pela articulação e definição do projeto e software. Ele é único capaz de fazer o gerenciamento dos requisitos do projeto que está sendo desenvolvido, transformando que o se entende por prioridade no processo, acrescentando e eliminando novos requisitos que julgar necessários para o desenvolvimento do projeto (SCHWABER, 2004).

Já o *Scrum Master* tem como função a responsabilidade de fomentar o processo Scrum, isto é, para que este fique sempre ativo e operante. Este papel tem como função precípua a de eliminar impe impedimentos que dificultam a atuação do projeto e de forma consequencial fica responsável pela produtividade da equipe, fazendo com que a equipe cumpra a finalidade das atividades (SCHWABER, 2004).

O *Team* é formado por 3 (três) à 9 (nove) pessoas, não podendo ultrapassar este limite no escopo de manter a equipe pequena e dinâmica, maximizando uns dos valores já abordados do Scrum que é a comunicação e interatividade (SCHWABER, 2004).

Nas palavras de Schwaber e Sutherland (2011), as equipes responsáveis pelo desenvolvimento do projeto devem apresentar distintas características, sendo elas: A auto-organização; a multifuncionalidade, o não reconhecimento de títulos para os integrantes do *Time*, a individualidade dos integrantes e suas especialidades e a não subdivisão da equipe.

A auto-organização explicita que a equipe se organiza de forma autônoma, não precisando que alguém diga a equipe de desenvolvimento como transformar o *Backlog* do produto em incrementos com suas respectivas funcionalidades. Já a multifuncionalidade diz respeito que toda a equipe possui habilidades necessárias enquanto equipe e para o desenvolvimento do produto (SCHWABER; SUTHERLAND, 2011).

Outro ponto característico do Scrum é o de não reconhecer títulos a membros de sua equipe, que não seja o de desenvolvedor. A equipe é formada por desenvolvedores, independentemente do trabalho que está sendo articulado por cada pessoa (SCHWABER; SUTHERLAND, 2011). Em consonância, cada membro da equipe pode ter habilidade individualizada ou especialização, mas a responsabilidade é da equipe, sem distinção, fazendo com que as equipes de desenvolvimento não careçam de uma subdivisão de equipes dedicadas a domínios específicos (SCHWABER; SUTHERLAND, 2011).

3.2 Os artefatos do *Scrum* e a interação por *Sprint*

Os artefatos são um símbolo da criatividade que é base para a transformação cultural da empresa. A metodologia *Scrum*, em particular, possui poucos artefatos (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013), entre elas destaca-se os principais: o *Product Backlog*, *Sprint Backlog*, Incremento e Definição de produto.

O *Product Backlog* é uma lista de condições que o *Product Owner* exige para o produto, devendo a ele mantê-la e priorizá-la, deixando-a visível e dinâmica. O *Product Backlog* é ordenado por prioridades, de maneira que nunca está finalizado e evolui como produto em consequência de um melhor entendimento de seus requisitos iniciais (SUTHERLAND, 2013);

Já o *Sprint Backlog* é criado a partir dos itens primordiais do *Product Backlog* durante as discussões do *Sprint Planning*, momento em que a equipe de desenvolvimento fragmenta os requisitos em tarefas menores e todo o esforço é estimado para que o grupo consiga prever sua velocidade e o tempo de desenvolvimento como um todo.

Logo, o *Sprint Backlog* tem como objetivo tornar visível o trabalho realizado pela equipe de desenvolvimento. Esse artefato possibilita estar em constante alteração dentro de uma *Sprint*. A fiscalização dessa etapa é feita através de uma reunião diária que permite um conhecimento sobre as etapas da *Sprint* e estipular o tempo restante com mais clareza. Por consequência lógica, é mais fácil identificar possíveis atrasos no desenvolvimento e, caso venha a acontecer, esse desvio pode ser corrigido na próxima reunião diária, reduzindo o impacto na entrega final do projeto (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013);

Para tanto, o Incremento é o resultado de uma *Sprint* e um potencial produto que já pode ser utilizado e posto para o cliente. Através do esforço da equipe de desenvolvimento, essa parte entregável gera valor e está de acordo com o descrito no manifesto ágil (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013);

A definição de produto corresponde a equipe *Scrum* e os demais envolvidos no projeto devem ter um entendimento inaudito da situação real do incremento. Logo, o produto pode ser definido como um documento que esclarece o que está pronto para a equipe (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Para tanto, em meio a dinâmica dos artefatos, existe a figura metodológica do *Sprint*, termo que se destina a uma iteração do *Scrum*, onde é projetado, elaborado e testado algum código de funcionalidade que entregue valor para o cliente sobre o projeto. A equipe do *Scrum* trabalha por um período fixo, que dura em média um mês, fase essa que se chama *Sprint* e é a parte mais importante da metodologia ágil de gerenciamento de projetos (LIMA et al., 2013).

É importante que uma *Sprint* não tenha o seu prazo estendido e as entregas sejam realizadas em tempo, permitindo que o *feedback* do cliente seja obtido de forma mais rápida, uma vez que tempo pode significar mais investimento sobre o projeto. Durante o lapso temporal de uma *Sprint*, a equipe deve se justapor às circunstâncias e limitações da empresa para que consigam se organizar e alcançar seus objetivos previamente solicitados pelo cliente (LIMA et al., 2013).

Com base nos ensinamentos de Schwaber e Sutherland (2013), o conceito de *Sprint* está coexistente com a definição do que deve ser feito. Dentro de cada *Sprint* o escopo é detalhado e revisado por toda a equipe, os objetivos pré-definidos não são alterados. Todavia, existe a possibilidade de alterações e negociações, a conhecimento:

“Durante o ciclo, *Sprint*, a equipe executa breves reuniões diárias para discutir o que

foi feito, o que não foi realizado e quais as dificuldades e limitações encontradas. No final de cada Sprint, a equipe oferece um incremento do produto potencialmente entregável” (LIMA et. al., 2013).

O Planejamento da *Sprint*, em resumo, é uma reunião com a definição dos itens que serão desenvolvidos em uma *Sprint*. É imprescindível que seja feito de maneira coexistente e horizontal. Por ser uma chave importante do projeto e longo do planejamento, essa reunião pode ser dividida em dois momentos, visto que, em média, possui a duração de oito horas para uma *Sprint* (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Essa reunião pode ser feita presencialmente, por telefone ou virtualmente, possibilitando a ideia de dinamicidade. O propósito principal é estabelecer um plano e metas que o time Scrum e o resto da organização possam entender e se comunicar no desenvolver do projeto (LIMA et al., 2013).

Por ter como base uma metodologia de desenvolvimento de softwares e ser um processo complexo e não linear que requer massiva comunicação, o *daily Scrum* é uma reunião breve e diária, com duração de aproximadamente quinze minutos. Comumente cada membro responde três perguntas, a saber: O que você fez desde a última reunião? O que você vai fazer até a próxima reunião? Existe algum impedimento para você realizar seu trabalho? (LIMA et al., 2013).

O objetivo é saber o que já está concluído, identificar os impedimentos para que o Scrum Master possa atuar e engajar o time com suas próximas atividades. Com estas respostas avalia-se o progresso em direção ao objetivo final. Nas palavras de Schwaber e Sutherland (2013), pode-se também identificar e remover qualquer problema que possa impactar na conclusão das atividades do backlog ao final do *Sprint*, definidas como:

Reuniões diárias melhoram as comunicações, eliminam outras reuniões, identificam e removem impedimentos para o desenvolvimento, destacam e promovem rápidas tomadas de decisão, e melhoram o nível de conhecimento da Equipe de Desenvolvimento. Esta é uma reunião chave para inspeção e adaptação (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Depois disso, a revisão ocorre, sendo somente no final de uma *Sprint*, objetivando adaptar, se necessário, o *backlog* do produto e fiscalizar o incremento gerado para a entrega parcial do projeto. Essa revisão também conta com toda a equipe do projeto e as partes interessadas, e possui uma duração recomendada de quatro horas para uma *Sprint* com extensão de um mês (SCHWABER; SUTHERLAND, 2013).

Essa reunião, com caráter informal, tem a intenção de promover a colaboração sobre o que fazer em seguida, momento em que o grupo discute sobre tudo que ocorreu durante uma *Sprint*, quais problemas foram enfrentados e como foram solucionados (LIMA et al., 2013).

Assim como a Revisão da *Sprint*, a Retrospectiva da *Sprint* também é realizada ao final de uma *Sprint* e tem como foco a melhoria do processo e possui uma duração de aproximadamente três horas. Nela, o Scrum Master impulsiona o time a revisar o processo de desenvolvimento, de forma a torná-lo mais eficaz e melhor para o próximo *Sprint* (LIMA et al., 2013).

3.3 Métricas e estimativas no Scrum

Vale asseverar que as métricas do Scrum são pontos de dados específicos que as equipes de desenvolvimentos utilizam para rastreamento e melhorarem a eficiência e a efi-

cácia, para informar a tomada de decisões e se tornar mais eficientes no planejamento e na execução, bem como definir metas e planos de melhoria. A mensuração é colocada no desenvolvimento do processo de software ou atributos de um produto com o escopo de melhorá-lo, no controle de estimativa, da qualidade, na avaliação da produtividade e principalmente no controle do projeto (PRESSMAN, 2006).

Para tanto, no desenvolvimento ágil a estimativa do projeto, isto é, o tempo em que esse projeto será desenvolvido é realizar com base na contagem de pontos, no escopo de que cada ponto corresponda a um requisito desenvolvido do projeto. Para impulsionar a obtenção dos pontos podem ser utilizadas algumas técnicas, dentre elas a mais conhecida é a *Planning Poker* (PRESSMAN, 2006).

Neste compasso, o *Planning Poker* se utiliza do *Product Backlog* e um barulho de cartas para se fazer a estimativa. Essas cartas seguem uma ordem semelhante à de Fibonacci, com a numeração 0, 1, 2, 3, 5, 5, 13, 20, 40 e 100, cada ponto correspondendo a uma fase já obtida do projeto (PRESSMAN, 2006).

No *Planning Poker*, no primeiro momento, as cartas ficam viradas para baixo em referência a um jogo de baralho, onde as funcionalidades são apresentadas uma a uma aos membros da equipe. Cada membro da equipe escolhe uma carta que represente o esforço que tal carta possui como funcionalidade para ser desenvolvida e ao mesmo tempo todos da equipe viram suas cartas para cima, para que toda equipe saiba a funcionalidade de cada membro (PRESSMAN, 2006).

O objetivo central é levantar a discussão sobre a variabilidade de estimativa e de colaborar de forma dinâmica de cada item e sua funcionalidade, para que no final a equipe de desenvolvimento consiga chegar a um consenso e a definir a pontuação da tarefa, partindo do trunfo da estimativa das demais tarefas já estimadas (MIZERKOWSKI, 2012).

4. REFLEXÕES SOBRE A INSTRUMENTALIZAÇÃO DO SCRUM

4.1 Gerenciamentos sob a ótica do *Scrum*

Com o método ágil *Scrum*, pode gerenciar qualquer projeto. Pode ser aplicado na construção civil, na ciência, na educação, na seara tecnológica e entre outras áreas (SUTHERLAND, 2016). É um método dinâmico e adaptável para qualquer ambiente de trabalho. Seu funcionamento é simples e fácil de ser implementado, pode ser usado em grandes empresas e em pequenos projetos como o desenvolvimento de um site para um pequeno bar de bairro.

O *Scrum* se baseia em equipes pequenas e multifuncionais, onde não interessa às titulações dos integrantes e sim suas habilidades e comprometimento com o projeto. “As equipes eram multifuncionais, tinham autonomia. Recebiam a autoridade para tomar as próprias decisões e tinham um objetivo transcendente. A gerência não impunha ordens” (SUTHERLAND, 2016, P.39).

A eficácia do *Scrum* na gestão de projetos se dá conforme às seguintes vantagens citadas por Andrew Pham e Phuong-Van Pham (2009), são elas: Um mecanismo de redução sistemático de risco, um ciclo de vida de desenvolvimento mais enxuto, um processo de gestão de projetos mais adaptativo e uma estrutura de processo de gestão e desenvolvimento de projetos baseado na motivação e no orgulho das pessoas envolvidas (SUTHERLAND, 2016).

O *Scrum* proporciona que os integrantes da equipe tenham um maior entrosamento

e isso vai refletir nos demais níveis do projeto até chegar ao cliente. Esse método ágil também preserva a natureza já que elimina documentação extensa por *software* funcional ou a entrega de um produto. Também aumenta a resposta às mudanças no decorrer do projeto. O Scrum consegue auto motivar a equipe, já que ela mesma confere o avanço do projeto. E por fim prima o uso da simplicidade. (SUTHERLAND,2016).

O *Scrum* emprega uma estrutura iterativa e incremental da seguinte maneira: no início de cada iteração, a equipe analisa o que deve ser feito e então seleciona aquilo que acreditam poder se tornar um incremento de valor ao produto ao final da iteração. A equipe formada opera com base nas funcionalidades escolhidas para esta iteração e ao final apresenta esse incremento de para que os stakeholders possam verificar e solicitar alterações (SUTHERLAND,2016).

A instrumentalização da *Scrum* nas empresas, seja ela pública ou privada, nos processos de gerenciamentos de projetos, resulta em efeitos dinâmicos e eficazes, com estrutura de análise como a metodologia do Scrum, ao lidar com cada área de conhecimento. No próximo capítulo se fará uma reflexão acerca da implementação do Scrum em softwares educativos.

4.2 Reflexão da implementação do *Scrum* em ambiente de software educativo

Mister se faz ressaltar que Vasconcelos (2010) realizou um estudo técnico de caso em um ambiente de desenvolvimento de *softwares* de cunho educativo, para produção de aulas multimídia. No presente estudo foram analisadas as características do ambiente laborativo da empresa bem como a aplicabilidade do método *Scrum* e sua correspondente instrumentalização a partir de sua aplicabilidade como método ágil na empresa.

Depois da instrumentalização do Scrum na empresa, foi identificativo características laborativas que antes nem sequer eram identificadas. Antes a empresa apresenta grau de hierarquia de equipe com papéis bem definidos, a saber, (alta gerência, coordenador de equipe e equipe), com atuação subordinada a alto gerencia e pautada no ciclo de desenvolvimento, com produção de roteiro bem definido e publicação de aprendizagem (VASCONCELOS, 2009).

O ambiente pós-implantação da metodologia Scrum apresentou novas características. O ambiente apresentou uma hierárquica simbólica composta por três instancias: *Product Owner*, *Scrum Master* e *Scrum Team*, com ciclo de desenvolvimento de produção de roteiro, seguido da *Sprint Planning Meeting* (para validação do roteiro com equipe e *Product Owner*) e o desenvolvimento com verificações diária e pôr fim a execução do *Sprint Review* (VASCONCELOS, 2010).

No desenvolvimento do trabalho articulado por Vasconcelos (2010) foi verificado a boa aceitação da metodologia Scrum, uma vez que houve real entendimento da metodologia a ser abordada, bem como a compreensão do desempenho desenvolvido pela equipe de forma dinâmica. Contudo, o estudo não sobre precisar outras características do Scrum como, a participação real e a satisfação do cliente e, a estimativa da quantidade de esforço da equipe, fazendo aplicação ao jogo de cartas.

Em continuidade, não se consegue refletir ou se levantar a discussão sobre a variabilidade de estimativa e de colaborar de forma dinâmica de cada item e sua funcionalidade, para que no final a equipe de desenvolvimento consiga chegar em um consenso e a definir a pontuação da tarefa, partindo trunfo da estimativa das demais tarefas já estimadas,

não se sabendo como a compreensão da equipe se deu em relação a esses fatores (VASCONCELOS, 2009).

Outra instrumentalização do método *Scrum* foi realizada por Wotzasek (2019), visando o controle de projetos educacionais técnicos a partir da qualidade do produto ou software educativo está sendo desenvolvido. A escolha do *Scrum* foi devido a suas características, muito parecidas com os métodos que usamos no desenvolvimento dos projetos. O *Scrum* divide-se em ciclos (Sprints) e dentro desses ciclos são realizadas várias atividades ou etapas (SUTHERLAND, 2016).

Foi aplicado esta metodologia ágil para melhorar todo desenvolvimento do projeto, diminuindo os fatores de risco como tempo de entrega, custos, entre outros. Da mesma forma documentar os projetos para melhorar a qualidade e evitar erros já conhecidos. Usando este *framework* foi levantados valores ao projeto, de contribuição significativa para o crescimento profissional de todos os alunos participantes do levantamento (WOTZASEK, 2019).

A metodologia aplicada no trabalho e que foi colocada em prática para responder problemas no gerenciamento de projetos em trabalhos de conclusão de cursos técnicos, bem como aumentar a sua qualidade e a sua produtividade é a pesquisa aplicada. Esta é motivada para necessidade de resolver problemas no andamento do projeto (WOTZASEK, 2022).

Em ambos os casos analisados, há claros benefícios dos métodos ágeis para a educação, seja para articulação de *softwares* de aulas em multimídia, seja para articulação de projetos de finalizações de cursos técnicos, pode-se aferir que em ambos foram desenvolvidos para aumentar a suas qualidades e a suas produtividades e a pesquisa aplicada. Estes foram motivados a partir de um ponto em comum: a necessidade de resolver problemas no gerenciamento do projeto.

4.3 Reflexão de implementação em produtos que prestam serviços de internet

Outra instrumentalização do método *Scrum* foi realizado por Varaschim (2009), que analisou a implementação e instrumentalização da metodologia *Scrum* em uma empresa de internet, com caráter, antes da aplicabilidade de tal método, de natureza departamental, onde todas as circunscrições de desenvolvimento (Arquitetura de Informação, Publicidade, Design, Teste e Desenvolvimento), eram divididas hierarquicamente e a atuação prática entre as áreas possuíam requisitos incompatíveis que dificultavam uma performance dinâmica e mais produtiva.

O desenvolvimento das atividades realizadas a partir de produtos para internet, isto é, de softwares para internet possuía características bastante idênticas ao de uma metodologia de gerenciamento com aplicabilidade ágil. Essa identidade bastante similar faz com que a adoção de métodos ágeis vá em convergência as necessidades das empresas que operam neste segmento (VARASCHIM, 2009).

Para tanto, a instrumentalização do método *Scrum* na empresa investigada por Varaschim (2009), inclinou com uma equipe de 15 pessoas e logo aos toda a empresa estava investida no projeto. A equipe iniciou os trabalhos desenvolvendo ampla visibilidade com grande potencial de acesso à internet a usuário final (pessoa que contratou os serviços de internet) (VARASCHIM, 2009).

Como consequência lógica e com base na análise feita por Varazchim (2009), os primeiros resultados verificados após a aplicação do método de desenvolvimento ágil foram, o conhecimento: no segundo *Daily Scrum* a primeira história foi finalizada, maior percepção de análise, falta de planejamento no primeiro Sprint, apenas metade do planejamento foi desenvolvido mesmo com a percepção de maior velocidade, sobram recursos de tarefas e a equipe melhorou o planejamento fazendo com que a equipe fosse reduzida.

Em contrapartida, com a aplicabilidade da metodologia algumas dificuldades surgiram, entre elas: A falta de capacitação técnica para instrumentalizar o método, a falta de definição dos papéis do *Product Owner* e do *Scrum Master* e falta de *Product Backlog* Priorizado (VARASCHIM, 2009).

Na pesquisa feita por Varaschim (2009), é possível identificar que foram analisados alguns resultados práticos após a adoção do Scrum na empresa que presta serviços de internet bem como algumas dificuldades que surgiram no decorrer da aplicabilidade do método. Contudo, também não foi exposto em sua pesquisa, o que os membros da equipe compreendiam sobre as características da metodologia bem como a abordagem de outros aspectos relacionados no Scrum, como o uso dos afetados, articulações dos sprints e suas respectivas reuniões.

A partir do estudo realizado ficou evidente a importância da adoção de metodologias para gerenciamento de projetos, em especial a metodologia *Scrum*, que podem ser adaptadas a diferentes cenários e garantir a entrega de software de qualidade dentro do que foi planejado. O fato de responderem melhor às necessidades de mudança que possam surgir durante o desenvolvimento do projeto também faz delas ferramentas indispensáveis para empresas como serviços de internet.

Com o conhecimento adquirido sobre serviços de internet e a vivência em um empreendimento deste tipo foi possível perceber a necessidade da utilização de uma metodologia para dar suporte ao desenvolvimento de software, e identificar as práticas propostas pela metodologia Scrum que melhor se encaixam ao contexto dos serviços de internet que são prestados.

Logo, diante do que foi exposto, é imprescindível asseverar que apesar de apresentar as características, a funcionalidade da metodologia Scrum, o potencializa a diferença não é apenas adotar ou não o método, mas sim a de entender a sua funcionalidade, não bastando apenas o entendimento sobre o uso de suas práticas metodologia, mas sim a sua atuação como um todo, para que se atinjam os objetivos metodológicos e por consequência lógica efeitos práticos e efetivos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este presente trabalho objetivou analisar a utilização do método *Scrum* com relação ao gerenciamento de projetos, papéis, artefatos e sprint com a intenção de verificar a atuação metodológica e a percepção dos desenvolvedores no processo de gerenciamento e criação. Foi colocado também óbices sobre a aplicabilidade do método Scrum e a inobservância de algumas características do Scrum, enquanto outras eram prontamente analisadas.

Percebesse-se com esta presente pesquisa que a aplicabilidade e instrumentalização da metodologia *Scrum* quando gerenciadas de forma coesa apresenta inúmeras vantagens, dentre elas o aumento de produtividade uma vez ao eliminar o desperdício de tempo e recursos, alcança resultados expressivos e, como consequência, aumenta a produtividade; entrega de valor ao cliente ao priorizar os pontos mais importantes do projeto;

aumento da qualidade no serviço prestado, uma vez que o foco da metodologia está em atingir as necessidades do cliente, sendo esses anseios refletidos nas sprints, de acordo com as demandas específicas do cliente; clareza e objetividade, uma vez que é claro visualizar o progresso do projeto de maneira clara por todos os membros da equipe.

A implantação, mesmo que parcial e não muito bem definida, da metodologia Scrum comprovou que há melhora nos resultados quando se seguem determinados processos e práticas estruturais, e que isso pode contribuir de forma significativa para o crescimento da empresa, gerando maior organização, otimizando o uso dos recursos disponíveis e sobretudo de tempo.

Estas melhoras podem ajudar a empresa a conquistar vantagens comerciais cruciais e de destaque no mercado, aproveitando melhor as oportunidades de negócio que surgirem. Como perspectivas futuras, fica a implantação da metodologia por completo do *Scrum*, com o objetivo de validar, refinar e melhorar as práticas propostas por esta metodologia, para que se torne mais robusta e contribua para o crescimento gerencial de empresas.

Ao concluir este trabalho, fica claro o fato de que diversas questões permanecem abertas, enquanto outras não foram sequer tocadas. O trabalho apresentado pode ser aperfeiçoado fazendo uma análise da eficiência da metodologia Scrum em empresas e através de estudo de casos futuros.

Referências

- ALBINO, Raphael Donaire; SOUZA, Cesar Alexandre de; PRADO, Edmir Parada Vasques. **Benefícios alcançados através de um modelo de Gestão Ágil de Projeto em uma empresa de jogos eletrônicos**. 2013. 15 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Usp - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- AMBLER, S. *Agile Modeling*, Wiley Computer Publishing. New York, 2002.
- BOEHM, B.; TURNER, R. **Balancing agility and discipline: Evaluating and integrating agile and plan-driven methods**. In: IEEE. Software Engineering, 2004. ICSE 2004. Proceedings. 26th International Conference on. [S.l.], 2004.
- CARVALHO, Marly Monteiro; RABECHINI JUNIOR, Roque. **Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria & Casos**. 2. Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 320 p
- CODAS, Manuel Benitez. **Gerência de projetos – uma reflexão histórica**. São Paulo, 1987.
- Confederação Nacional da Indústria. **Por que a logística é um problema no Brasil?** Disponível em Acesso em: < <https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/porque-logistica-problema-brasil>> 20 de outubro de 2022.
- CORREIA, D.; YAMASHITA, Y. **Metodologia para a Identificação da Qualidade da Informação para Planejamentos de Transportes**. Transportes. ANTP, 2004, V.12, N.1, P. 46-58.
- FLEURY, P. F. **Supply Chain Management: Conceitos, oportunidades e desafios da implementação**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPEAD, 2002.
- KERZNER, Harold. **Gerenciamento de Projetos: uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle**. 10. ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- LIMA, Lisandra Rosa Rodrigues. **A Evolução dos Prestadores de Serviços Logísticos no Brasil: O Surgimento dos 4PLs**. Florianópolis, 2004.
- LIMA, Eleandro Lopez; SANTOS, Nielson Alves; MORAVIA, Rodrigo Vitorino; FURTADO, Maria Renata. **Scrum: Uma das metodologias ágeis mais usadas no mundo**, PUC Minas Gerais, 2013.
- MIZERKOWSKI, Daniella. **Estimativa utilizada Planning Poker**. Disponível em: < Estimativa utilizando Planning Poker | TI Prática (wordpress.com)> Acesso em 27 de outubro de 2022.
- Mundim, A.P.F.; Rozenfeld, H.; Amaral, D.C.; Silva, S.L.; Guerreiro, V.; Horta, L.C. (2002) **Aplicando o cenário de**

- desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional.** In: Gestão & Produção. v. 9, n.º. 1, p. 1-16, Abril.
- PHAM, Andrew; PHAM, Phuong-Van. Scrum em Ação: Gerenciamento e desenvolvimento ágil de projetos de software. Novatec. São Paulo. 2012.
- RISING, Linda; JANOFF, Norman Seff. **The Scrum software development process for small teams.** Software, v. 17, n. 4, p. 26-32. 2000.
- SCHWABER, Ken. **Agile Project Management with Scrum.** Redmond, Washington: Microsoft Press, 2004.
- SCHWABER, Ken. **Guia do scrum.** [S.l]: Scrum Alliance, 2009.
- SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. **The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game.** 2013.
- SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software.** São Paulo: Addison Wesley, 2004.
- SUTHERLAND, Jeff. **Scrum: a arte de fazer o dobro do trabalho na metade do tempo.** 2. Ed. São Paulo: Leya; 2016. p.240.
- VASCONCELOS, Luciano. **Concepções de prática evidenciadas em softwares educacionais para o ensino da História: inovação ou tradicionalismo maquiado?**. 2009. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- VENKATESAN, R. **Strategic Sourcing: to make or not to make.** Harvard Business Review.1992, p. 98-107
- WOTZASEK, Oto Luiz Figueiró. **Aplicação de Métodos Ágeis (Scrum) no Gerenciamento de Projetos de Cursos Técnicos.** Revista Acadêmica Alcides Maya, v. 1, n.01, p,26-32. 2019.

48

A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO PARA AS EMPRESAS

*THE IMPORTANCE OF USING PRODUCTION MANAGEMENT
FOR COMPANIES*

José Moisés Lima de Oliveira

Resumo

A presente pesquisa abordou sobre a importância da utilização da gestão de produção para as empresas. A gestão da produção busca o sistema de maximização e as estratégias de produção que visam melhorar o desempenho da produção para que as organizações se sobressaiam diante dos desafios propostos pelo mercado cada vez competitivo. Nesse contexto o mercado tem buscado profissionais cada vez mais capacitados e que tenham o conhecimento necessário sobre essas questões aqui abordadas, o trabalho teve uma importante relevância para a compreensão dessa abordagem produtiva e do planejamento de ações que fazem parte desse sistema de produção. O objetivo geral do trabalho é conhecer todo o ambiente em torno da Gestão da Produção, visando entender seu funcionamento e viabilidades, no intuito de que seja possível demonstrar sua importância na execução de todas as ações e os objetivos específicos buscam: Estudar o contexto histórico da gestão de produção, apontar as principais estratégias de produção e discutir sobre as avaliações e medidas para o desempenho no processo de produção. Para elaboração deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada nas obras dos autores Correia (2001), Dias (1995), Tubino (2000) entre outros citados no decorrer do desenvolvimento. Foi realizado também o levantamento de informações sobre esta temática em artigos, livros, revistas e relatórios periódicos desenvolvidos nos últimos anos. Conclui-se, que objetivo foi alcançado, onde compreendeu-se que processo produtivo visa direcionar a aplicação da gestão e as políticas adotadas internamente nas empresas que estabeleçam todas as estratégias e planos de ação para que essas se estruturassem no mercado.

Palavras-chave: Gestão de Produção. Mercado. Estratégias de Produção. Desempenho. Empreendimento.

Abstract

This research addressed the importance of using production management for companies. Production management seeks the maximization system and production strategies that aim to improve production performance so that organizations stand out in the face of the challenges posed by the increasingly competitive market. In this context, the market has been looking for increasingly qualified professionals who have the necessary knowledge about the issues addressed here, the work had an important conversion to understanding this productive approach and the planning of actions that are part of this production system. The general objective of the work is to know the whole environment around Production Management, aiming to understand its operation and feasibility, in order to demonstrate its importance in the execution of all actions and the specific objectives seek to: Study the historical context of the production management, point out the main production strategies and discuss estimates and measures for performance in the production process. For the elaboration of this work, a bibliographical research was carried out based on the works of the authors Correia (2001), Dias (1995), Tubino (2000) among others mentioned during the development. A survey of information on this subject was also carried out in articles, books, magazines and periodical reports that occurred in recent years. It was concluded that the objective was reached, where it was understood that the productive process aims to direct the application of management and the policies adopted internally in the companies that established all the strategies and action plans for them to be structured in the market.

Keywords: Production management. Marketplace. Production Strategies. Performance. Undertaking.

1. INTRODUÇÃO

O mundo empresarial vem a todo o momento se transformando, novas formas de trabalho são empregadas, novos processos são instituídos, leis e regras são refeitas, todas com um único intuito, transformar as formas de produção e assim implementando e transformando constantemente todos os processos aplicados.

Temos então o estudo de um tema atual e importantíssimo para o âmbito organizacional, pois é conhecido que o processo de Gestão da Produção é essencial no contexto produtivo e na minimização e perdas e maximização de todas as ações, sendo fundamental a instituição de políticas e maneiras de ação que tornem o mesmo, parte de todos os processos e assim parte da organização. Será buscado assim, compreender a gestão da produção como um todo, analisando sua abrangência, aplicabilidade e viabilidade no ambiente organizacional, instituindo métodos que tornem a compreensão de tal fato mais fácil.

A gestão da produção é assim, uma das ferramentas que mais vêm se transformando e assim modificando todo o contexto hoje encontrado, empregando diretamente novos processos e forma de ver a produção em geral. Tomando por base tal fato, surge o seguinte questionamento: Com as constantes mudanças no mundo empresarial, como a gestão da produção pode contribuir para o sucesso das organizações?

O objetivo geral do trabalho é conhecer todo o ambiente em torno da Gestão da Produção, visando entender seu funcionamento e viabilidades, no intuito de que seja possível demonstrar sua importância na execução de todas as ações e os objetivos específicos buscam: Estudar o contexto histórico da gestão de produção, apontar as principais estratégias de produção e discutir sobre as avaliações e medidas para o desempenho no processo de produção.

Para elaboração deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada nas obras dos autores Correia (2001), Dias (1995), Tubino (2000) entre outros citados no decorrer do desenvolvimento. Foi realizado também o levantamento de informações sobre esta temática em artigos, livros, revistas e relatórios periódicos desenvolvidos nos últimos anos. Para ambos, os descritores procurados serão: Gestão de Produção, Produção, Organizações, Mercado e Produtividade.

2. CONCEITO DA GESTÃO DE PRODUÇÃO

A Gestão da Produtividade é definida como um conjunto de políticas que apoiam a posição competitiva de uma empresa, focando no desempenho e no planejamento das diversas áreas que influenciam as decisões de produção. Esse sistema de produção em que os insumos são combinados de forma que haja uma saída, e todo o processo produtivo refere-se ao maior ou menor uso eficiente dos recursos do processo. Nesse sentido, há um aumento de produtividade que é utilizado para obter um melhor aproveitamento da máquina, dos trabalhadores e da matéria-prima (RITZMAN; KRAJESWSKI, 2004).

O processo fabril e qualquer forma de gestão implementada serão críticos dentro das organizações, pois irão estabelecer estratégias, planos de ação e todas as demais estruturas de gestão que unem as necessidades do negócio ao processo fabril. Por exemplo, um sistema de informação contínuo é essencial porque será o resultado de todos os esforços da organização, refletindo diretamente em todos os resultados obtidos (MIZOGUCHI; JAR-



DIM; COSTA, 2010).

As atividades desenvolvidas por uma empresa devem visar o cumprimento de todos os seus objetivos, sejam eles de curto, longo ou médio prazo, e devem estar complexamente relacionados. Como resultado, essas atividades podem transformar matérias-primas em produtos ou serviços acabados, com a necessidade de recursos aumentando até que o produto seja concluído. Todos esses processos fazem parte da administração da produção empresarial; essas atividades são críticas para o sucesso da organização (GONÇALVES, 2000).

No contexto da administração da produção, torna-se indispensável a ação de quatro fatores centrais, a saber, a natureza, o capital, o trabalho e, por fim, a empresa. Todos irão assim, influenciar na constituição do produto, pois enquanto a natureza fornece os insumos necessários, o capital fornece o dinheiro a ser usado, o trabalho será realizado pela mão-de-obra que transforma (GIL, 1991).

O desafio atual é conciliar o processo fabril, cada vez mais mutável e influente no mercado, com estilos de gestão mais dinâmicos e flexíveis, com o objetivo de completar dois processos ao mesmo tempo e assim agregar eficiência a todos os processos. Tornou-se necessário estabelecer processos e ferramentas para a gestão da produção, ferramenta cada vez mais abrangente e aplicável em todos os contextos organizacionais, criando assim ferramentas que passarão a fazer parte de todos os processos (GONÇALVES, 2000).

O sucesso da gestão da produção passa pelas mais variadas etapas, sendo o sistema produtivo o ponto central de todas as ações; ele servirá como o coração da organização, instituindo processos e métodos que são todos utilizados no contexto empresarial. O alinhamento de todos os sistemas de produção, juntamente com as necessidades pré-determinadas, torna-se central, pois cria um ambiente em que a produção interage diretamente com a organização e seus diversos departamentos (NUNES, 2008).

3. AS AVALIAÇÕES E MEDIDAS PARA O DESEMPENHO NO PROCESSO DE PRODUÇÃO

As medidas de desempenho têm sido bastante utilizadas nas organizações. É um processo que utiliza os dados estatísticos financeiros como forma de medição do desenvolvimento do negócio. Essas técnicas ajudam no desenvolvimento de técnicas contábeis desde o tempo da idade média, essa afirmação é baseada no processo de desenvolvimento dos povos que necessitavam utilizar processos financeiros e avaliativos para medir seu desempenho e sua produção (LOPES; LIMA, 2008).

Com o passar dos anos o processo de avaliação de desempenho melhorou bastante, em decorrência de novas medições e avaliações financeiras que buscavam a obtenção de resultados mais estabilizados e dinâmicos. Por conta disso o processo de desenvolvimento econômico tornou-se cada vez mais delicado, devido à concorrência necessitar investir em práticas mais dinâmicas que se preocupasse com a exigência feita pelo cliente e com a qualidade da produção (ROCHA, 1995).

Segundo Chiavenato (1990, p.23) a qualidade dos produtos e a forma de processamento passaram a ter mais ênfase para empresas, pois para que essas enfrentassem o mercado competitivo necessitava obter bons resultados no processo produtivo e revenda de seus produtos. Para esse tipo de medição eram utilizadas técnicas de que se preocupavam em poupar os desperdícios, que implicavam na reutilização de recursos que pudessem aumentar a produção. Esses benefícios andavam alinhados com as exigências feitas

pela clientela que além de exigente já conhecia um pouco mais das noções de qualidade e fabricação de seu produto.

Por conta disso é necessário compreender que para uma empresa uma das tarefas mais difíceis é conduzir seus bens em processo de transformação, nada que seja impossível. Mas todo o processo necessita ficar interligado nos sistemas de medição de desempenho, que é uma das ferramentas mais utilizadas para se medir o planejamento das ações que estão sendo implantadas dentro das empresas (MOREIRA, 1999).

Segundo Dias (1995), o processo de avaliação de desempenho empresarial é responsável por medir as ações e fornecer subsídios que elevem o potencial econômico das finanças. Desta forma deve-se compreender que esses sistemas utilizados para medir o processo produtivo, nada mais são medidas quantitativas que informam as características e sua eficiência e relevância dentro do processo organizacional.

Quando se trabalha a eficiência que se refere ao processo de concluir os objetivos traçados, é necessário que se tenha uma noção econômica dos recursos planejados pelas organizações que promovam um determinado nível de satisfação dos clientes e dos grupos interessados no empreendimento. De modo a resumir a compreensão que busca atingir a eficiência as metas traçadas é preciso que se compreenda quais pontos são necessários para estabelecer o processo produtivo com qualidade (TUBINO, 2000).

Existem diversos métodos de avaliação um deles é o Sistema de Avaliação de Desempenho que é extremamente importante na busca pela eficiência de resultados. As partes integrantes dentro do ciclo de planejamento e controle são essenciais para garantir a gestão das operações, isso é decorrência dos processos que auxiliam as metas e os objetivos que devem ser traçados. Além disso, também existem os processos de controle que são usados para medir o desempenho das operações e os meios de produção (ERDMANN, 1998).

Para Oliveira (2007) as organizações necessitam de sistemas que de adéquem nas avaliações do desempenho e tem um papel bem mais importante dentro das organizações. É importante que se leve em conta todo o processo produtivo e as pessoas que fazem parte desse contexto, isso porque uma organização precisa determinar estratégias que venham somar nos processos de decisão, principalmente em relação ao desenvolvimento e crescimento econômico. Com o mercado cada vez mais competitivo, as empresas necessitam implantar metodologias que gerenciem esse tipo de decisão.

O Sistema de Avaliação de Desempenho possui características que necessitam de medidas direcionadas ao processo produtivo, isso implica em diversos pontos como os custos relativos à concorrência, a produtividade do empreendimento, os custos ofertados pela qualidade e os custos materiais e os custos de aquisição de estoque que influenciam diretamente no tempo médio entre a produção e a venda dos produtos. Hobbs (1976) destaca que várias são as medidas tomadas para melhorar o desempenho empresarial, que podem ou não serem separadas de acordo com a categoria que envolve o custo, flexibilidade e rapidez.

Dessa forma os avanços do mundo contemporâneo têm feito com que as empresas revejam seus conceitos, frente às novas oportunidades e desafios que se estendem dentro do mundo empresarial. Para isso elas buscam atingir metas, com isso diversos são os procedimentos de alta qualidade de produtos e custos de produção que medem melhorar o desempenho organizacional e produtivo.



4. A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE PRODUÇÃO PARA AS ORGANIZAÇÕES

De maneira histórica os padrões desenvolvidos para medir e monitorar o controle organizacional vem desde os tempos mais remotos. Isso porque os egípcios já possuíam técnicas que atribuíram a identificação do controle operações para seus processos produtivos. Como naquela época não havia conhecimento tecnológico, esses povos utilizavam de técnicas rudimentares para melhorar o processamento de dados e assim desempenhar melhor a produtividade.

Segundo Rocha (1995) com o passar dos anos as empresas começaram a conhecer melhor os processos, os produtos e necessidade de implantar um atendimento que atingisse todas as necessidades exigidas pelos clientes. É diante desse fator que nasce a necessidade de melhorar a compreensão organizacional, onde a necessidade do cliente deve ficar a frente das tomadas de decisões. Para se alcançar os objetivos traçados as empresas necessitam criar metodologias que atinjam todos os aspectos e perspectivas impostos pelo mercado.

Por conta da importância da medição de desempenho, os sistemas de mensuração que medem o comportamento variável de um determinado negócio passaram a ser consideradas como os centros de entendimento de uma organização. Compreende-se que os questionamentos e as razões obtidas dentro de uma organização possam medir o desempenho e desenvolvimento econômico. Os gestores por sua vez encontram nessas métricas instrumentos de coletas de dados que suprem o conhecimento interno e externo de seus empreendimentos, é nesse momento que se usa a medição de forma competente e intencional (DIAS, 1995).

O uso de medidas de desempenho tem como princípio fundamental criar estratégias que compreendam de forma geral qual a necessidade de melhorar o desempenho empresarial, levando em consideração os prontos de avaliação como: a qualidade, a produtividade, a eficiência, a eficácia e o tempo que é gasto no ciclo operacional. A prestação de serviço é outro ponto que chama bastante atenção, isso porque é a partir dele que se compreende a melhora no desenvolvimento econômico (MOREIRA, 1999).

Assim como no mundo capitalista é possível compreender a necessidade de intensificar as mudanças no processo produtivo, isso é decorrência de diversos fatores tecnológicos que são aliados aos indicadores de desempenho e vem acompanhado das mais variáveis espécies de reformulações e características tradicionais típicas da década de 80, onde os relatórios que mais mediam o desenvolvimento operacional eram os financeiros.

Ao longo dos anos tornou-se cada vez mais comum observar que os sistemas organizacionais possuíam características de avaliação voltadas apenas para os aspectos financeiros. Foi nesse ponto que as transações contábeis que são heranças dos egípcios e fenícios começaram a facilitar as organizações comerciais, porém algo estava vago e precisava ser modificado com urgência. Havia falhas no processo produtivo e as comercializações não estavam sendo realizadas como o planejado (ROCHA, 2008).

No período da Revolução Industrial as coisas começaram a mudar, as grandes corporações que tinham seus investimentos voltados as indústrias têxteis, ferroviária, varejistas e siderúrgicas começaram a desenvolver sozinhas ou melhor de maneira interna técnicas que inovassem a medição de seus desempenhos produtivos e financeiros. Essas técnicas tinham como principal objetivo a obtenção de sucesso e o alcance pelo topo do mercado competitivo. Porém havia a necessidade de qualificar a mão-de-obra dos funcionários e lhes oferecer uma melhor condição de vida, é nesse ponto que as indústrias falharam de forma gradativa. Naquele período não havia valorização dos funcionários e o desempenho

ainda era feito de maneira de maneira exploratória (FALCONI, 2009).

Diante desse contexto é que Gaither (2011) ressalta que apenas os indicadores financeiros não conseguiram compreender a real necessidade do negócio, pois eram focadas apenas na obtenção de lucros e no aumento da produção. Por não promoverem a melhoria das condições de trabalho, o desempenho produtivo caiu de forma significativa e os custos da produção se tornaram algo baseado em fatos históricos, ou seja, não havia uma realidade precisa das afirmações contidas dentro das empresas, os dados eram fantasiados com o objetivo de melhorar o alcance positivo dentro do mercado.

Com o passar do tempo surgiu à necessidade de implantar indicadores mais tradicionais, que medissem os resultados em curto prazo, o acesso as informações de forma flexível e estratégica, a otimização dos locais de trabalho e os incentivos por intervenções que buscassem alcançar todos os objetivos traçados ao longo do desenvolvimento do negócio. Essa inserção de indicadores ajudou bastante a melhorar a compreensão dos sistemas operacionais que as empresas utilizavam, isso porque foi através desses resultados que os empreendedores passaram a conhecer melhor os desempenhos e melhorias para a inserção dentro do mercado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou analisar como o processo produtivo busca direcionar a aplicação da gestão e as políticas implementadas internamente nas empresas que estabelecem todas as estratégias e planos de ação para que tenham sucesso no mercado. Levando em consideração essa abordagem, o trabalho aqui realizado traça os métodos utilizados pelas organizações para melhorar todo o processo, influenciado pelas teorias administrativas de produção que surgiram em decorrência do aumento da competitividade do mercado.

A seleção deste tema buscou investigar como um processo fabril pode direcionar a aplicação de gestão e políticas implementadas internamente nas empresas para garantir que todas as estratégias e planos de ação sejam implementados para que tenham sucesso no mercado. Tendo em conta esta abordagem, o trabalho desenvolvido traça as metodologias utilizadas pelas organizações para melhorar todo o processo produtivo, o que se ancora nas teorias administrativas que surgiram em resultado do aumento da competitividade do mercado.

Conclui-se, portanto que a gestão da produção busca o sistema de maximização e as estratégias de produção que visam melhorar o desempenho da produção para que as organizações se sobressaiam diante dos desafios propostos pelo mercado cada vez competitivo. Nesse contexto o mercado tem buscado profissionais cada vez mais capacitados e que tenham o conhecimento necessário sobre essas questões aqui abordadas, o trabalho teve uma importante relevância para a compreensão dessa abordagem produtiva e do planejamento de ações que fazem parte desse sistema de produção.

Referências

- CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação ao Planejamento Controle da Produção**. São Paulo: MC Graw. Hill, 1990.
- DIAS, Marcos Aurélio P. **Administração de Materiais**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 1995.
- ERDMANN, R. H. **Organização de sistemas de produção**. Florianópolis: Insular, 1998. 214 p.

- FALCONI, V. **O verdadeiro poder**. Nova Lima: Instituto de Desenvolvimento Gerencial, 2009.
- GAITHER, Norman. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Editora Pioneira Thomson learning, 2011.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GONÇALVES, José Ernesto Lima. As empresas são grandes coleções de processos. **Revista de Administração de Empresas (RAE)**, v. 40, n. 1, jan./mar. 2000.
- HOBBS, J. A. **Controles de estoque e produção**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976.
- LOPES, R.A.; LIMA, J. F. G. **Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso no setor de artigos esportivos de uma indústria manufatureira**. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008.
- MIZOGUCHI, M. R. S.; JARDIM, E. G. M.; COSTA, R.S. A programação e o controle da produção em ambiente de incerteza e ativos caros: o caso de uma empresa termoplástica do polo industrial. **Revista Gestão Industrial**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, v.6, n.4, p.110-132, 2010. Disponível em: https://bibliotecatede.uninove.br/bitstream/tede/170/1/B_Daniel%20de%20Souza%20Hernandes.pdf. Acesso em: 20 de out. 2022.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- OLIVEIRA, M. J. de. **Proposta de planejamento e controle da produção na agroindústria de moagem de trigo**. 2007. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2004.
- ROCHA, D. **Fundamentos técnicos da produção**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

49

GESTÃO DE QUALIDADE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

QUALITY MANAGEMENT IN PRODUCTION ENGINEERING

Pedro da Silva Mota Neto

Resumo

Apresentar uma descrição sobre gestão da qualidade é o objetivo geral deste trabalho, portanto a definição é baseada na teoria bibliográfica a partir de sua aplicação na engenharia de produção. A revisão bibliográfica narrativa é uma metodologia para o desenvolvimento de um tema, e é feita por meio de métodos qualitativos e descritivos. Para selecionar os autores citados, foram realizadas buscas em bases de dados como Scielo, Capes e Scholar por artigos, bem como por livros, revistas etc., utilizando o Kindle. Uma lista de bibliografias utilizadas foi elaborada com base em critérios de análise de títulos e uma breve leitura dos resumos de cada trabalho. Foram considerados materiais em português, inglês e espanhol. A divisão do período é entre os últimos 10 anos. Os autores base para a criação da discussão acerca da gestão de qualidade na engenharia de produção apresentam muito conhecimento sobre o tema. Dessa forma, a pesquisa fica mais rica e responde à questão de pesquisa originalmente definida, promovendo uma definição diferente do objetivo da classificação.

Palavras-chave: Gestão da qualidade. Engenharia de produção. Gestão da qualidade na indústria. Gestão da qualidade na engenharia de produção.

Abstract

Presenting a description of quality management is the general objective of this study, so the definition is based on bibliographic theory from its application in production engineering. The narrative literature review is a methodology for the development of a theme, and is done through qualitative and descriptive methods. To select the cited authors, searches were carried out in databases such as Scielo, Capes and Scholar for articles, as well as for books, magazines etc., using Kindle. A list of bibliographies used was prepared based on criteria for analyzing titles and a brief reading of the abstracts of each study. Materials in Portuguese, English and Spanish were considered. The period division is between the last 10 years. The authors who are the basis for creating the discussion about quality management in production engineering present a lot of knowledge on the subject. In this way, the search is richer and answers the originally defined search question, promoting a different definition of the classification objective.

Keywords: Quality management. Production engineering. Quality management in industry. Quality management in production engineering.

1. INTRODUÇÃO

A gestão da qualidade é a soma de processos, técnicas e estratégias projetadas para garantir que os produtos e serviços sejam entregues conforme pretendido. Está dividido em dois suportes básicos: garantia de qualidade e melhoria da qualidade.

No âmbito da engenharia de produção, a gestão da qualidade contribui especificamente para o desenvolvimento de procedimentos de controle de qualidade para solucionar problemas de produção, minimizar custos e atender às expectativas de mercado, sociais e do consumidor.

A pesquisa aqui apresentada justifica-se pelos fundamentos teóricos da gestão de qualidade na engenharia de produção, levando assim em conta referências científicas mais amplas sobre o tema, enriquecendo dessa forma a produção de pesquisas contemporâneas. Dadas as lacunas levantadas e a resolução dessas lacunas, tem benefícios tanto a nível acadêmico como profissional e social. Porque, para além da resposta à questão colocada, especifica também a base de referência para a emergência de novas questões e experiências. Em seguida, contribui para a sociedade como um todo e atribui melhorias aos processos comumente utilizados por grandes públicos. Além disso, contribui para o campo acadêmico, pois enriquece ainda mais o acervo científico de pesquisas sobre esse tema e levanta questões que precisam ser discutidas em pesquisas futuras.

A partir da perspectiva delineada neste tópico, a questão de pesquisa pode ser identificada como: qual a aplicação da gestão de qualidade na engenharia de produção?

Apresentar uma descrição sobre gestão da qualidade é o objetivo geral deste trabalho, portanto a definição é baseada na teoria bibliográfica a partir de sua aplicação na engenharia de produção. Para atingir esse objetivo geral e demonstrar o domínio do assunto, foram ramificados os objetivos específicos da seguinte maneira:

- Evidenciar uma contextualização geral acerca da gestão de qualidade;
- Determinar sobre a aplicabilidade da gestão de qualidade na indústria;
- Classificar a importância da gestão de qualidade na engenharia de produção.

A revisão bibliográfica narrativa foi a metodologia para o desenvolvimento do tema, e foi feita por meio de métodos qualitativos e descritivos. Para selecionar os autores citados, foram realizadas buscas em bases de dados como Scielo, Capes e Scholar por artigos, bem como por livros, revistas etc., utilizando o Kindle.

Segundo Lakatos e Marconi (2017), materiais complementares publicados por fontes confiáveis, assim como as próprias revisões bibliográficas, possuem alto grau de confiabilidade e atestam o que suas fontes cobrem, o que fornece uma base para o uso de dados e relatórios, e verificação da legitimidade.

Uma lista de bibliografias utilizadas foi elaborada com base em critérios de análise de títulos e uma breve leitura dos resumos de cada trabalho. Foram considerados materiais em português, inglês e espanhol. A divisão do período é entre os últimos 10 anos. As palavras-chaves foram: Gestão da qualidade. Engenharia de produção. Gestão da qualidade na indústria. Gestão da qualidade na engenharia de produção.

Então, de acordo com os objetivos propostos, o desenvolvimento deste trabalho é feita em três capítulos, elencados como: Contextualização geral acerca da gestão de qualidade; Aplicabilidade da gestão de qualidade na indústria; Importância da gestão de qualidade

na engenharia de produção. Após estudar o que é abordado, o estudo pode ser concluído e uma lista bibliográfica fornecida.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL ACERCA DA GESTÃO DE QUALIDADE

Nas pequenas empresas, encontrar problemas de gestão no processo produtivo é inerente e perceptível devido à ocorrência de ineficiências de gestão. Portanto, toda organização deve se comprometer a investir na gestão de processos para desempenhar um papel competitivo nos mercados em que atua. Portanto, as ferramentas de gestão da qualidade promovem ativamente o crescimento e o desenvolvimento de métodos que os gestores de processos podem utilizar para manter e/ou desenvolver ativamente a produtividade da indústria (PASTRE, 2013).

Considerando que os clientes estão cada vez mais exigentes na escolha devido à grande variedade de produtos disponíveis no mercado, torna-se um desafio para as empresas atender o público e conquistá-lo com um produto de qualidade total. Para isso, as empresas precisam atingir suas margens de lucro, minimizar toda e qualquer perda de produção que possa custar aos clientes, melhorar os processos produtivos para que possam ter sucesso em seus produtos e satisfação mútua, ou seja, clientes satisfeitos e empresas lucrativas (BARBARÁ, 2012).

A gestão da qualidade permite às empresas atender a requisitos importantes para atender às necessidades dos clientes, aprimorar o que já existe em seus processos produtivos e inovar possíveis potenciais de mercado por meio do uso e aplicação de ferramentas de gestão. Essas ferramentas, por sua vez, evitam que acidentes acidentais sejam refletidos para os usuários, contribuindo para o controle gerencial do processo produtivo (TEIXEIRA, 2014).

No entanto, a utilização e aplicação de métodos da qualidade está associada a uma tecnologia de interface disposta a orientar e facilitar a melhoria dos processos organizacionais. Nesse sentido, a gestão por processos é considerada de forma ampla para se referir ao conjunto de competências necessárias para que os elementos da organização interajam e atuem para a gestão da inovação (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A relação entre os custos e benefícios da qualidade no processo pode ser de grande ajuda no aproveitamento das pequenas organizações. Sobre conquistar o mercado, tornando-se um elemento estratégico. Portanto, oferece a possibilidade de um produto superior e um preço baixo. Portanto, é compreensível que a qualidade seja a essência de um negócio. Partindo deste princípio, este trabalho tem como objetivo analisar uma empresa de confecção da região através de um estudo de caso na área de gestão da qualidade, para que possam melhorar seus processos produtivos existentes através da aplicação e utilização de ferramentas da qualidade. Portanto, um estudo aprofundado do tema, os resultados obtidos contribuirão para o desenvolvimento e competitividade da organização nos mercados consumidor e concorrente, por meio de uma gestão que produzirá produtos de alta qualidade (COSTA; SANTANA; TRIGO, 2015).

Não existe apenas uma definição do que significa qualidade, muitos autores conceituados na área, ao longo do tempo, cunharam diferentes conceitos em que a qualidade é aplicada aos atributos de um produto ou serviço: a maioria concorda que a qualidade é a causa da satisfação, o que está relacionado a preços justos, produtos que funcionam corretamente e serviços que superam as expectativas dos usuários (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

O controle de qualidade é a base para prevenir e corrigir falhas de processo e se estender a toda a empresa. Qualidade é a correção de problemas e suas causas por uma série de fatores relacionados a marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção que afetam a satisfação do usuário (SOUSA, 2012).

A qualidade está associada aos usuários e sua satisfação, e um produto/serviço com qualidade é um produto/serviço “zero defeito”. A qualidade inclui características do produto que atendem às necessidades do cliente, proporcionando assim satisfação relacionada ao produto. Qualidade é a ausência de defeitos. Para alguns, a qualidade não segue padrões, não é estática, mas relativa, indicando mudanças nas necessidades dos clientes (BERGMANN; SCHEUNEMANN; POLACINSKI, 2012).

Do ponto de vista do cliente, qualidade é qualquer coisa que possa melhorar um produto. Com isso, a qualidade torna-se crítica para as empresas, não apenas como filosofia, mas também como posicionamento estratégico para sobrevivência no mercado de trabalho (LOBO, 2013).

A melhoria contínua aplicada ao processo visa eliminar a causa de qualquer falha a partir da identificação do mecanismo de controle do processo. Isso faz com que a qualidade deixe de ser uma opção, tornando-se sinônimo de sobrevivência, não apenas uma característica dos produtos e/ou serviços, mas a completa satisfação das necessidades e expectativas dos clientes, passando a fazer parte da entrega de serviços e produtos, assumindo que a melhoria contínua é a filosofia da organização a seguir (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

Portanto, além da filosofia, a gestão da qualidade também pressupõe um conjunto de técnicas e processos. Nesta base, é evidente a importância do seguinte: A Qualidade como estratégia, definida por um plano de qualidade constituído por um conjunto de orientações importantes que serão entregues em toda a organização com o objetivo de: Satisfação do Cliente; melhoria contínua dos serviços, tendo em conta as necessidades sociais e ambientais e a eficácia da prestação de serviços (BERGMANN; SCHEUNEMANN; POLACINSKI, 2012).

A qualidade possui uma variedade de métodos e ferramentas, envolvendo todos os processos da empresa, com foco na melhoria permanente da organização. Destes, destacam-se os princípios para iniciar programas de qualidade (COMUNELLO, 2014):

- Compromisso da alta direção com a qualidade;
- Equipe de melhoria da qualidade;
- Medição de qualidade;
- Avaliar custos de não qualidade;
- Precisa de conscientização;
- Ação corretiva;
- Planejar um plano “zero defeito”;
- Treinamento de gestores e inspetores;
- Estabelecer um dia “zero defeito”;
- Definição de metas;
- Eliminar as causas dos erros;
- Decifrar;



- Círculo de qualidade;
- Sempre recomeçar e continuar melhorando.

Ao longo dos anos, a compreensão do conceito de qualidade evoluiu de tal forma que está cada vez mais integrado ao dia a dia, sendo percebido a partir dos princípios do desenvolvimento do produto ou serviço perfeito. Qualidade é a combinação de características de produtos e serviços em várias áreas de uma organização para atender às expectativas dos clientes. Hoje, com a transformação dos processos, a qualidade envolve a redução de custos, a satisfação e a produtividade do cliente, a criação de valor para os produtos ou serviços e o cumprimento dos prazos estabelecidos para os clientes (BARBARÁ, 2012).

Ao longo do tempo, diferentes sistemas de controle de qualidade surgiram no processo produtivo da empresa (LOBO, 2013):

- Era da Inspeção: Nesta era, a qualidade é limitada ao produto acabado, não à qualidade da produção, mas apenas à indicação de defeitos. Os consumidores, em última análise, verificam bens e serviços;
- Era do Controle Estatístico: Com o advento da produção em massa vem o Controle Estatístico (CEP), a introdução de técnicas de amostragem e departamentos de controle de qualidade processual baseados em estatísticas. Os sistemas de qualidade foram introduzidos nos Estados Unidos na década de 1930 e no Japão na década de 1940;
- A era da qualidade total: Uma nova filosofia de gestão surgiu na década de 1950, marcando a transição da análise de produtos ou serviços para o projeto do sistema de qualidade. A qualidade não é mais responsabilidade de um aspecto do produto e de um departamento, mas tornou-se responsabilidade de toda a organização (PDCA).

Embora esta evolução do conceito de qualidade ao longo do tempo seja contínua, as empresas não devem assumir que o último é o melhor. As empresas devem atuar na qualidade, pois através da qualidade é possível atingir a eficácia das metas, a qualidade do atendimento e a fidelização do cliente (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016).

A qualidade começa com a indústria. A indústria possui processos produtivos bem estruturados e bem organizados. Esta disposição cria condições para a implementação de técnicas melhoradas de forma mais simples, pois as causas e os efeitos são facilmente identificáveis e os efeitos mais visíveis. Outra razão é que as empresas industriais são as primeiras a sentir a pressão da concorrência (FANTIN, 2016).

Somente após a indústria a qualidade é transferida para a organização prestadora de serviços. A princípio, a dificuldade de ter um processo de gestão bem estruturado fez com que a gestão dessas empresas fosse realizada de forma individualista, baseada na intuição e no talento pessoal dos empresários e gestores. Outro fator é a falta histórica de “barreiras à entrada” nesses negócios. Como resultado, alguns mitos foram criados durante a prestação de serviços (COMUNELLO, 2014):

- O serviço não requer tecnologia;
- O serviço não requer aporte de capital;
- Os serviços podem ser desenvolvidos como operações de pequena escala;
- Pesquisa, análise e pesquisa não são necessárias para a prestação de serviços;
- Os serviços não geram emprego, riqueza ou renda;

- Todas as avaliações de serviço são subjetivas.

Todos esses pressupostos são derrubados pelo seguinte argumento: concorrência. Por isso, as empresas prestadoras de serviços devem investir em qualidade. Investimento em tecnologia, negociação de injeção de capital e ampliação da escala de atendimento. Portanto, a prestação de serviços torna-se uma atividade bem projetada. Não há espaço para improvisação. A qualidade do serviço prestado não se limita aos clientes externos (COSTA; SANTANA; TRIGO, 2015).

Para além dos clientes externos, inclui todos os que com ele interagem, nomeadamente colaboradores e administradores. A razão para isso é que o serviço, como comportamento, desempenho e comportamento, pressupõe que todos próximos ao indivíduo sejam considerados clientes. Esses serviços possuem as seguintes características (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012):

- Intangibilidade: Os serviços são abstratos;
- Indivisibilidade: É impossível produzir e armazenar serviços como commodities;
- Heterogeneidade: é impossível manter um serviço contínuo. Portanto, o marketing de serviço deve enfatizar os 4Ps do serviço.

Com o avanço do sistema capitalista, cada vez mais as empresas têm que se adaptar às tendências do mercado. As desvantagens são cada vez mais proeminentes e utilizadas como um diferencial para algumas empresas e seus produtos. Essa rápida mudança deve-se ao que antes era visto como um diferencial do produto, hoje é uma exigência do cliente à medida que o mercado se torna mais competitivo. Um exemplo claro dessa mudança é o fator qualidade, que antes era considerado um diferencial na escolha de determinado produto, mas hoje com uma concorrência acirrada e uma grande variedade de produtos, tornou-se um fator importante no mercado moderno (MACHADO; POLETTI; CORNELIUS, 2018).

O conceito de qualidade mudou muito ao longo do tempo. A partir de simples operações no processo fabril, visando a produção de pequenas melhorias locais, a qualidade passou a ser reconhecida como um dos elementos fundamentais da gestão organizacional e, por meio da integração de bens tangíveis, serviços e processos, tornou-se fator chave para a sobrevivência das organizações de produção, mercados e pessoas, devido às diferenças em seu desempenho (DE JESUS, 2014).

No entanto, o conceito não se firmou rapidamente no mercado, e com o passar dos anos foi tomando forma e ganhando força até se tornar o que é hoje. Para conquistar maior participação de mercado, as organizações estão cada vez mais preocupadas com o julgamento dos consumidores finais sobre seus produtos ou serviços. Portanto, os fatores estratégicos adotados por uma organização podem definir as questões de competitividade diretamente relacionadas à sua sobrevivência no mercado. A segurança da sobrevivência vem da competitividade, a competitividade vem da produtividade e está vem da qualidade (valor agregado) (NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2019).

Portanto, uma das principais dificuldades das organizações é alinhar conceitos dentro de um único produto com as expectativas dos clientes. A dificuldade encontrada em definir a qualidade de um produto e/ou serviço está em traduzir as necessidades futuras do usuário em características mensuráveis, possibilitando o desenvolvimento de itens que podem ser modificados em busca da satisfação do cliente, tudo a um preço que ele recomenda pagar. Em um ambiente tão competitivo, com intensa competição em escala global, o surgimento de mercados fragmentados, consumidores cada vez mais exigentes e sofisticados e mudanças tecnológicas mais rápidas, mais diversificadas e transformadoras, as empresas enfrentam uma pressão constante para melhorar a qualidade (BARBARÁ, 2012).



3. APLICABILIDADE DA GESTÃO DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA

O mundo globalizado exige cada vez mais das empresas e não permite “erros”. A competição está ficando mais acirrada e não há espaço para invenções fracassadas e não há tempo para gastar analisando e planejando o que fazer. Decisividade e velocidade de tomada de decisão serão a base de quem sobreviverá neste universo hostil. No caso da livre concorrência, a competitividade é a base para o sucesso ou fracasso de um empreendimento. As empresas que são bem competitivas prosperarão e se destacarão de seus concorrentes, independentemente do lucro e do potencial de crescimento. Competitividade é a correta adequação da atividade empresarial em seu microambiente (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2012).

As organizações devem se concentrar continuamente na identificação dos problemas existentes em seus processos, reduzindo continuamente o desperdício e otimizando os recursos. No mundo ocidental, as pessoas começam a reconhecer o papel estratégico da manufatura na otimização dos processos produtivos e na redução de custos (PALADINI, 2012).

A globalização econômica aumentou a competitividade da demanda por produtos, levando as empresas a reverem seus sistemas de produção, exigindo novas formas de organização do trabalho para alcançar a minimização de custos, alta qualidade, rapidez de entrega, confiabilidade e flexibilidade de prazos (COSTA; SANTANA; TRIGO, 2015).

Diante desses pressupostos, é importante ressaltar que o uso de ferramentas da qualidade auxiliará os gestores na rápida identificação de problemas, resolutividade e eficiência de análise, padronização de sistemas, previsão de possíveis problemas, redução de desperdícios e otimização de processos, é fundamental manter a empresa no patamar desejado (VIEIRA, 2017).

No campo da organização, há crescente concorrência e a busca pelo melhor posicionamento de mercado. Para que algumas empresas ganhem vantagem competitiva sobre outras, toda diferença vencida é essencial. Os avanços da tecnologia e da informação têm tornado cada vez mais difícil para as organizações garantir o destaque de longo prazo entre os concorrentes, por isso, as empresas devem estar sempre atentas e buscar um ciclo virtuoso de melhoria contínua de seus produtos, serviços e processos (TEIXEIRA, 2014).

As diversas mudanças tecnológicas que ocorrem no mundo obrigam as empresas a necessitarem de meios eficazes para melhorar seus processos produtivos e fornecer aos seus clientes produtos em melhores condições. O pleno domínio das complexas técnicas de melhoria e gestão de processos é essencial para manter as empresas competitivas e, portanto, para sua sobrevivência no ambiente de negócios (DE JESUS, 2014).

Busque uma técnica de produção que produza um produto sem defeitos no menor tempo possível, utilizando o mínimo de equipamentos e mão de obra, com o mínimo de unidades intermediárias, entendendo todo e qualquer elemento que não contribua para a qualidade como desperdício, preço ou tempo de exigência do cliente. Eliminação de todos os desperdícios através da gestão, leD, produção, distribuição e um esforço centralizado em todos os departamentos da empresa (MACHADO; POLETTI; CORNELIUS, 2018).

Um sistema de gestão da qualidade é um sistema formal que permite documentar as estruturas, responsabilidades e processos necessários para alcançar uma gestão da qualidade eficaz. A partir desta perspectiva, um sistema de gestão da qualidade (SGQ) é a formulação de princípios de qualidade (centralidade no cliente; liderança; engajamento de pessoas; abordagem de processo; abordagem de gestão sistemática; melhoria contínua; tomada de decisão baseada em fatos; benefício mútuo) é mais adequado para o linguagem e cultura de empreendedores e gestores para que sejam melhor compreendidos e

aceitos, proporcionando maiores níveis de segurança, eficiência, confiabilidade e produtividade (BARROSO, 2013).

A gestão eficaz da qualidade inclui a execução bem-sucedida das três atividades de planejamento, garantia de qualidade e controle de qualidade. Essas três atividades não devem ser realizadas isoladamente, com mais ênfase em uma etapa em detrimento de outras. Em vez disso, essas etapas devem ser consideradas como um processo contínuo (SOUSA, 2012).

A falta de um plano estratégico de alta qualidade significa algumas perdas, destacando o desperdício de tempo, recursos e esforço. Organizar significa determinar os procedimentos empregados na produção e na prestação de serviços, planejar ações que visem à melhoria sistemática da qualidade. A garantia de qualidade, por sua vez, é uma série de atividades que possibilitam o alcance de níveis de qualidade de produtos e serviços (FANTIN, 2016).

São ações totalmente sistemáticas que visam criar um processo de confiança entre produtos e clientes, atendendo aos padrões específicos da empresa e atendendo às especificações e procedimentos esperados para cada produto. Cabe destacar que a documentação do sistema da qualidade é um componente essencial e envolve quatro componentes: políticas, procedimentos, instruções e especificações e registros (PALADINI, 2012).

A política geralmente se concentra nos aspectos “deve fazer” e por quê; enquanto os procedimentos se referem aos métodos e pessoas pelos quais a política é executada; instruções e normas, por sua vez; são diretrizes focadas em um produto, departamento, ferramenta ou processo; registros são registros. Uma ferramenta para políticas, procedimentos e descrições de cargos que devem ser seguidos rigorosamente para alcançar a qualidade final (ALVES; OLIVEIRA, 2014).

Esses registros aumentam a possibilidade de rastrear unidades ou lotes específicos de produtos para que possam ser identificados onde e por quem foram produzidos. Os registros são essenciais para obter informações sobre um produto, de modo que, em caso de reclamação do consumidor, além de poder identificar o problema e corrigi-lo adequadamente, também garanta maiores esclarecimentos (SILVA, 2021).

A Gestão da Qualidade Total é um sistema de qualidade para toda a organização, não mais uma análise específica de um único produto ou serviço, mas apenas um departamento específico. A qualidade não é mais um aspecto de um produto, nem de responsabilidade de um departamento específico, mas uma questão da empresa, abrangendo todos os aspectos de sua operação (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

O termo qualidade total está diretamente relacionado a seis conceitos, a saber: qualidade intrínseca, que se refere ao alcance das metas estabelecidas pelo produto ou serviço; custo, que inclui o processo de produção do produto e a prestação do serviço, como um preço repassado ao cliente; atendimento, que está relacionado à localização, prazos e volumes; moral e segurança, que diz respeito à motivação, treinamento e conscientização da importância do papel do cliente interno; e ética, que diz respeito à ética e aos códigos de conduta que as organizações precisam adaptar e seguir para operar no mercado competitivo de hoje. Portanto, pode-se concluir que o controle de qualidade visa o nível de satisfação do cliente, e o controle de qualidade total (TQC) é um novo modelo de gestão com o controle de processos como núcleo e visando o atendimento das necessidades das pessoas (CARPINETTI, 2012).

A base para este sistema de controle são pessoas de todas as esferas da vida que devem ser bem treinadas e comprometidas com a qualidade de todos os processos, produ-

tos e serviços. O conceito de gestão trata de cuidar das atividades de uma organização, independentemente do seu tipo: setor primário, manufatura ou serviços. Para as atividades de produção em particular, a gestão da produção envolve a forma como uma organização cria e entrega serviços e produtos. De acordo com registros históricos, as atividades produtivas e empresariais como as conhecemos hoje começaram com a Revolução Industrial. Isso porque a indústria criou uma enorme demanda por novas técnicas de gestão (PALADINI, 2012).

A gestão da produção é de extrema importância para as organizações, pois, embora diferentes, todas produzem algo e requerem o uso de recursos para atingir seu objetivo principal: obter lucro. Sua presença em organizações de pequeno e grande porte permite a entrega de produtos e serviços com maior eficiência e eficácia, portanto, gera vantagem competitiva para as empresas e permite que elas se mantenham à frente de seus concorrentes no futuro (SILVA, 2021).

A inspeção é o primeiro passo para tornar a qualidade uma atividade diária dentro de uma organização. Resumidamente, essas atividades são a medição, inspeção, teste e classificação de um produto ou serviço para verificar se ele atende a requisitos previamente especificados (BARROSO, 2013).

Surgiu na década de 1920, juntamente com os departamentos de produção e operações, devido ao início da produção em massa, inicialmente para evitar que produtos defeituosos chegassem aos consumidores. Nos primórdios da inspeção, no início do século XIX, a tarefa era desempenhada pelo próprio artesão ou aprendiz a olho nu, sob a supervisão, por vezes rara, de um “mestre de artesanato”, pouco depois de terminar o seu trabalho (ALVES; OLIVEIRA, 2014).

Naquela época, as fiscalizações informais eram suficientes, pois artesãos e artesãos produziam os produtos de forma totalmente manual, e a qualidade dos produtos, mesmo em pequena escala, era de bom nível. Em alguns casos, as inspeções de produtos ou serviços são realizadas pelos próprios consumidores (ALVES; OLIVEIRA, 2014).

Em essência, a inspeção é uma técnica de controle de qualidade muito primitiva e defensiva, envolvendo tarefas de contagem e classificação para distinguir produtos “bons” de “ruins”. A inspeção e a produção ocorrem em paralelo com o desenvolvimento de padrões e instrumentos de medição. Assim, as atividades de inspeção surgiram como suporte para a produção em massa em resposta à necessidade de produzir peças intercambiáveis.

Desta forma, a formalização nas atividades de inspeção parece ser um primeiro e importante passo na redução de problemas de montagem, porém, sua limitação está em manter uma postura excessivamente defensiva ao invés de buscar descobrir e solucionar as causas e problemas dos defeitos, mas sim eliminá-los, deixando intacta a causa real. No entanto, três áreas apontam para a necessidade de melhorar as atividades de inspeção (ALVES; OLIVEIRA, 2014):

- A inspeção não garante que todas as peças defeituosas sejam identificadas e separadas;
- Inspeções de produção aprimoradas, visando a separação imediata das peças defeituosas quando aparecem, exige uma equipe de inspetores, o que significa custos elevados (dentro dos limites de uma inspeção completa de produção, é necessário ter pelo menos um inspetor de qualidade por inspetor operador);
- Inspetores, devido ao seu excelente trabalho corretivo, nenhum técnico pode atuar preventivamente no processo.

Nos últimos anos, muitas empresas têm seguido o programa *Total Quality Management* (TQM) com o objetivo de sempre melhorar a qualidade de seus produtos, serviços e processos de marketing. A qualidade tem um impacto direto no desempenho do produto, pelo que também tem impacto na satisfação do cliente (PORTO, 2014).

Em sentido estrito, a qualidade pode ser definida como “sem defeitos”. Mas a maioria das empresas centradas no cliente vão além dessa definição restrita e definem qualidade em termos de satisfação do cliente (GISLON, 2012). A qualidade pode ser definida como um produto ou serviço superior, ou seja, perfeito, confiável, econômico, seguro e que atenda às necessidades do cliente no momento certo. Portanto, pode-se dizer (PINTO et al., 2015):

- satisfação perfeita = design perfeito;
- confiável = livre de defeitos;
- acessível = baixo custo;
- segurança = segurança do cliente;
- On Time = na hora certa, no lugar certo, na quantidade certa.

O verdadeiro padrão de boa qualidade é a preferência do consumidor. Isso garantirá a sobrevivência de sua empresa: os consumidores preferem seus produtos aos concorrentes, agora e no futuro. Total Quality Management (TQM) é uma interpretação relativamente nova da arte da gestão. Seu objetivo é melhorar a qualidade dos produtos e serviços e aumentar a satisfação dos clientes por meio da reorganização das práticas tradicionais de gestão (BRANDSTETTER; RODRIGUES, 2014).

Essas definições centradas no cliente afirmam que uma empresa só pode atingir a qualidade total quando seus produtos ou serviços atendem ou superam as expectativas do cliente. Portanto, o objetivo fundamental do atual movimento de qualidade total tornou-se a satisfação total do cliente. A qualidade começa com as necessidades do cliente e termina com a satisfação do cliente (DAYCHOUM, 2018).

4. IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE QUALIDADE NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

A qualidade do produto inclui a integração de recursos capazes de atender às necessidades do consumidor (querer) e deixar os clientes satisfeitos, melhorando o produto (bens) e tornando-o livre de quaisquer falhas ou defeitos. Existem seis componentes do processo que afetam a qualidade do produto (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

Uma definição de qualidade centrada no produto consiste em variáveis e atributos que podem ser medidos e controlados. Essas variáveis são (VIEIRA, 2017):

- matérias-primas;
- instalações e equipamentos;
- o processo de produção;
- embalagem e rotulagem;
- laboratórios de ensaio;
- procedimentos de controle.

O controle de processo é um conceito que propaga as diferentes etapas do processo de fabricação de um produto que pode controlar, regular e controlar a qualidade de um



produto dentro dos parâmetros exigidos. Quando o produto é produzido por um conjunto de processos operando principalmente em série, o monitoramento e controle de qualidade do produto intermediário é de grande importância no controle da qualidade do produto. Nesse caso, torna-se o sétimo maior componente do processo (GAYER, 2020).

Medir e monitorar as variáveis de controle do processo permite que os operadores estimem a qualidade do produto e tomem as medidas adequadas ao longo da linha de produção. Adotando uma abordagem orientada ao controle de processos para a qualidade do produto, ela é guiada pela identificação precoce de problemas relacionados à qualidade, permitindo a correção imediata. Isso permite que a equipe de operações tome providências para solucionar esses problemas e produzir produtos de qualidade (ALVES; OLIVEIRA, 2014).

O controle de processo ajuda os trabalhadores de operações a encontrar problemas precocemente e permite que eles tomem medidas no momento apropriado no processo de produção para isolar o problema. Os métodos de controle de qualidade garantem um feedback mais eficaz e ajudam a implantar recursos com eficiência onde eles são mais necessários. Vários estudos foram realizados para medir e determinar a relação entre a certificação ISO 9000 e a melhoria da qualidade do produto. Vários estudos têm confirmado a relação entre a implantação da certificação e a melhoria da qualidade do produto (SILVA; BARBOSA, 2016).

Por outro lado, ainda existe uma lacuna entre a melhoria efetiva e a implementação da ISO 9001. A certificação ISO 9000 é voltada para sistemas de produção, garantindo que o processo produtivo esteja em conformidade com normas ou diretrizes (RODRIGUES, 2016).

O padrão ISO 9000 foi desenvolvido para garantir que as organizações certificadas sigam procedimentos documentados ao produzir seus produtos ou serviços. Esses programas são atores-chave na qualidade. Entende-se que a certificação ISO não garante que a qualidade de um produto ou serviço seja superior à de outras organizações (OTA AVIANO, 2015).

Os princípios fundamentais da gestão da qualidade adotados no país estão amplamente focados no atendimento ao cliente e, como tal, buscam a melhoria contínua dos produtos e serviços por meio da melhoria dos processos de trabalho e do desenvolvimento de todos os indivíduos envolvidos nesses processos (CARPINETTI, 2012).

De acordo com a norma NBR ISO 9000, o termo qualidade é o grau em que um conjunto de características inerentes satisfaz uma necessidade ou expectativa, geralmente expressa de forma implícita ou explícita. Na literatura específica, são encontradas várias definições de qualidade. Mesmo “gurus de qualidade” não seguem a mesma definição. A qualidade é adequada ao uso. Qualidade é definida como atender e sempre que possível exceder as expectativas do consumidor (MARTINS, 2018).

Diversas definições de qualidade existentes são classificadas nos “cinco métodos” de qualidade, a saber (MARTINI, 2012):

- método a priori;
- métodos baseados na fabricação;
- métodos baseados no usuário;
- abordagens baseadas em produtos;
- abordagem baseada em valor.

Na primeira abordagem, a qualidade é definida como sinônimo de excelência inata, ou seja, a melhor especificação de produto ou serviço possível. Na segunda abordagem,

baseada na manufatura, a definição é baseada em objetivos de qualidade, ou seja, fornecer um produto ou serviço livre de erros e que esteja em conformidade com suas especificações de projeto (GISLON, 2012).

O ciclo PDCA é uma ferramenta de melhoria contínua para resolução de problemas. Consiste em quatro etapas: planejar, executar, verificar e agir. Essas etapas traduzidas são indicadas: *Plan*, *Do*, *Check* e *Act*. O gerenciamento de projetos (GP) é definido como planejar, executar, monitorar e controlar a estrutura de um projeto. Eles também se referem ao termo projeto como um trabalho temporário para criar um produto ou serviço. Dessa forma, visa planejar, executar e concluir projetos com sucesso de forma adequada às necessidades de cada componente da empresa, a fim de evitar falhas e desvios no processo. O gerenciamento de projetos pode ser entendido como o planejamento, programação e controle de uma série de tarefas integradas destinadas a atingir com sucesso seus objetivos e beneficiar os participantes do projeto (BRANDSTETTER; RODRIGUES, 2014).

Um plano de quatorze pontos foi desenvolvido para melhorar a qualidade. O programa enfatiza a prevenção em vez da detecção de defeitos do produto e mudanças na cultura organizacional, em vez de estatísticas simples para garantir o envolvimento da gerência e o comprometimento dos funcionários com a ação (OLIVEIRA; PAGLIARINI; ROCHA, 2013).

Entre os pontos de melhoria da qualidade apresentados, está estabelecido o compromisso da gestão com a qualidade, na formação de equipes de melhoria (grupos de trabalho), na conscientização da importância do atendimento aos requisitos do produto no custo da não conformidade, no estabelecimento do refinamento individual e do Grupo metas, estabelecimento de dias sem defeito (para que a mudança seja perceptível a todos) e repetição contínua, atualização e comprometimento motivador com o programa (ROCHA et al., 2012)

Um produto com qualidade deve satisfazer seus clientes, e essa qualidade só pode ser definida por quem o avalia. Apresenta também mandamentos que orientam as empresas a sobreviver e competir. A definição de metas contínuas é muito importante, a necessidade de treinamento e educação para essa nova forma de conceber uma empresa e controlar o processo produtivo com a participação de todos (MARTINI, 2012).

A adoção dos 14 princípios e ações correspondentes demonstram a intenção do governo de manter as empresas em atividade e visam proteger investidores e empregos. O mundo ocidental precisa aprender a adotar consistentemente os princípios da qualidade japonesa nas empresas (GAYER, 2020).

A gestão da qualidade é dividida em três fases: planejamento, controle e melhoria. O planejamento da qualidade é o estabelecimento de padrões de qualidade para a satisfação do cliente. O processo envolve uma série de procedimentos como determinar quem é o cliente, suas necessidades, desenvolver características do produto que correspondam a essas necessidades, desenvolver um processo capaz de produzir dentro dos requisitos, informar todos os envolvidos no processo do plano (BERGMANN; SCHEUNEMANN; POLACINSKI, 2012).

O controle de qualidade, também conhecido como manutenção padrão, caracteriza-se pela comparação de padrões anteriores e pré-estabelecidos com os resultados obtidos no processo. Essa etapa pode ser dividida em (DAYCHOUM, 2018):

- Avaliação do desempenho da qualidade do processo;
- Objetivos de desempenho e qualidade do processo;
- Ações corretivas para não conformidades.

No atendimento ao cliente, enfatizam o cumprimento dos requisitos, o que se reflete na idoneidade e no mercado. Eles também colocam o mais alto grau de responsabilidade pela qualidade na gestão (NUNES et al., 2014). Os três concordam com a melhoria, definem metas de melhoria por meio de trabalho em grupo e criam planos de melhoria e gestão da qualidade por meio de pontos predefinidos dentro da estrutura organizacional. Nas suas recomendações, a avaliação dos fornecedores não é um ponto chave, mas deve ajudar os fornecedores a melhorar a qualidade dos produtos e serviços prestados (CORRÊA; CORRÊA, 2017).

Nesse sentido, a busca pela melhoria deve ser contínua. Qualidade tem preço, e tem grande determinação em atender as necessidades dos clientes. Alguns especialistas focam em questões relacionadas a compras e recebimentos, e estabelecem análises e controles para evitar atrasos nas inspeções e atrasos no processo devido à entrada de produtos não conformes. Nas parcerias com fornecedores, o maior inconveniente é quando os próprios compradores fazem pedidos com requisitos incompletos (MARTINS, 2018).

Os sistemas de produção industrial baseiam-se na montagem de procedimentos voltados à fabricação para organizar todo o processo produtivo de bens e serviços. A produção envolve a transformação sistemática de matérias-primas em produtos de valor comercial e dota-os de características que aumentam o potencial de competição no campo comercial. De acordo com esse raciocínio, o sistema de produção apresenta um procedimento mais estruturado, que melhora as operações, maximiza o uso de insumos e agrega maior valor de qualidade e preço ao produto (PIZONI; PALADINI, 2018).

O planejamento inclui decisões de planejamento que afetam diretamente o futuro da empresa, melhorando as missões operacionais e estabelecendo metas organizacionais e definindo formas de alcançar eficiências. Portanto, a maior causa da instabilidade econômica é a falta de planejamento nos departamentos administrativos e produtivos das empresas, o que dificulta determinar os níveis de qualidade e produção que possam atender as necessidades comerciais com o menor custo possível e uma boa gestão de estoques (GISLON, 2012).

O planejamento e controle da produção é um processo iterativo em que a programação determina quais ferramentas são necessárias para alcançar o aumento da produção e seu monitoramento, como o atendimento das necessidades e desejos do mercado consumidor (SILVA, 2018).

Assim, por meio da condução dessas atividades, podem ser coletadas informações do sistema produtivo, organizadas por meio de um planejamento sistemático, resultando em excelentes resultados ao mesmo tempo em que garantem a máxima eficiência e eficácia, chamando a atenção pela redução de gastos, aumento da produtividade, maior rentabilidade, melhor aproveitamento da força de trabalho, sempre em busca da melhoria contínua (GAYER, 2020).

5. CONCLUSÃO

Reiterando os objetivos traçados no início do trabalho, é certo que todos os mesmos foram alcançados ao desenvolver as informações pertinentes à especificação, o que contribui para um melhor entendimento do assunto exposto no desenvolvimento do artigo.

Os autores base para a criação da discussão acerca da gestão de qualidade na engenharia de produção apresentam muito conhecimento sobre o tema. Dessa forma, a pesquisa fica mais rica e responde à questão de pesquisa originalmente definida, promovendo

do uma definição diferente do objetivo da classificação.

A conclusão final é que, ainda na competência do engenheiro de produção, a gestão da qualidade contribui especificamente para o desenvolvimento de procedimentos de controle de qualidade para solucionar problemas de produção, minimizar custos e atender às expectativas do mercado, da sociedade e do consumidor.

A engenharia da qualidade inclui todas as atividades relacionadas à análise dos processos de projeto, desenvolvimento e fabricação de produtos com o objetivo de melhorar a qualidade do produto e os processos de produção, identificando e reduzindo o desperdício em todas as formas. De qualquer forma, no entanto, ainda há necessidade de continuar as pesquisas sobre esse tema para enriquecer o que toda a produção científica já trouxe e tirar melhores conclusões sobre o assunto.

Referências

- ALVES, L. M.; OLIVEIRA, F. P. **Estudo de implementação do sistema TPM na indústria de alimentos e seus ganhos**. Gestão&Conhecimento, Minas Gerais, dez. 2014.
- BARBARÁ, S. **Gestão por Processos: fundamentos, técnicas e modelos de implementação**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. Qualitymark Editora, 2012.
- BARROSO, R. F. **Análise estratégica da gestão de compras em uma empresa do ramo da construção civil no estado do Ceará Fortaleza**. Fortaleza/CE. Faculdade Cearense. 2013.
- BERGMANN, N.; SCHEUNEMANN, R.; POLACINSKI, E. **Ferramentas da Qualidade: Definição de Fluxogramas para a Confecção de Jalecos Industriais**. SIEF 2012.
- BRANDSTETTER, M. C. G.; RODRIGUES, G. L. **Medições de desempenho da mão de obra em serviços de construção civil – alternativas para mensuração**. Curitiba - PR, Brasil, XXXIV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2014.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade conceitos e técnicas**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- COMUNELLO, A. C. **Planejamento e controle da produção: um estudo de caso de uma indústria do oeste do Paraná**. UTFPR, 2014.
- CORRÊA, C. A.; CORRÊA, H. L. **Administração De Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma abordagem Estratégica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- COSTA, A. S. C.; SANTANA, L. C.; TRIGO, A. C. **Qualidade do atendimento ao cliente: um grande diferencial competitivo para as organizações**. Revista de Iniciação Científica. 2015.
- DAYCHOUM, M. **40+20 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.
- DE JESUS, G. C. **O mapeamento do fluxo de valor como ferramenta para melhoria no processo produtivo de um frigorífico na região oeste do paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.
- FANTIN, E. **Manufatura enxuta aumenta produtividade e reduz custos para as indústrias**. Boletim da Indústria, Curitiba, 2016.
- GAYER, J. A. C. A. **Gestão da qualidade total e melhoria contínua de processo**. Curitiba: Contentus, 2020.
- GISLON, L. **Planejamento e controle da produção: gestão de demanda e estoques**. UTFPR, 2012.
- HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Princípios de projeto para cenários industriais 4.0: Uma revisão de literatura**. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2016.
- LAKATOS, E.M.; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2017.
- LOBO, R. N. **Gestão da qualidade: As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas**, Jit, Kaisen, Housekeeping, Kanban, Femea, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2013.



- MACHADO, J. D; POLETTI, L. H; CORNELIUS, R. A. **O futuro da gestão da qualidade para a indústria 4.0.** São Paulo. Anais do Encontro Científico E Tecnológico, 2018.
- MARTINI, C. C.; et al. **O valor da programação na produção: gerenciamento de recursos para a eficiência na construção civil.** Qualit@s, 2012.
- MARTINS, R. **O que é PDCA.** 2018.
- NETO, J. B. M. R; TAVARES, J; HOFFMANN, S. C. **Sistemas de gestão integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho.** Editora Senac São Paulo, 2019.
- NUNES, R. V.; et al. **A relevância do estudo da acuracidade de estoques em um comércio atacadista.** X Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2014.
- OLIVEIRA, G. A.; PAGLIARINI, M. R. ROCHA, R. P. **Aplicação de ferramentas da qualidade para análise dos desperdícios de materiais de uma metalúrgica.** Campo Mourão: 2013.
- OTAVIANO, D. C. **Aplicação de ferramentas do controle estatístico da qualidade na redução dos tempos de setup na laminação siderúrgica.** João Monlevade – MG. Conclusão de curso (Graduação), 90f, Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP, 2015.
- PALADINI, E. P. et al. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- PASTRE, M. **Etapas para o desenvolvimento de um protótipo.** Printi Gráfica Online 24h. 2013.
- PINTO, P. A. V.; et al. **Gestão estratégica de estoques: o caso de uma indústria de alimentos no estado do Espírito Santo.** XXII Congresso Brasileiro de Custos, 2015.
- PIZONI, R; S, L; PALADINI, E. P. **Economia compartilhada: Gestão da qualidade aplicado a uma empresa do ramo de delivery de comida.** Revista Pretexto, 2018.
- PORTO, W. A. C. **A utilização da estatística experimental em indústrias da grande Salvador e seu ensino.** Lavras/MG. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras – UFLA. 2014.
- ROCHA, R. P. et al. **Utilização de Ferramentas da Qualidade para a Redução de Não Conformidades do Produto Peito Schinitzel.** Ponta Grossa. Trabalho apresentado no II Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2012.
- RODRIGUES, M. V. **Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade.** Elsevier Brasil, 2016.
- SILVA, C. R. M. **Administração: ciência e tecnologia, estratégia, administração pública e estudos organizacionais 2.** Ponta Grossa: Atena, 2021.
- SILVA, E. P. **A transição da manutenção industrial para o modelo do novo paradigma da indústria 4.0.** São Paulo. Universidade Paulista Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2018.
- SILVA, R. K. V; BARBOSA, A. F. B. **Gestão da Qualidade-Principais Marcos e como Influenciaram as Empresas.** Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, 2016.
- SOUSA, V. **Sistema de gestão da qualidade.** Repositório Comum. 2012.
- TEIXEIRA, P. C. **Padronização e melhoria de processos produtivos em empresas de panificação: estudo de múltiplos casos.** Production, 2014..
- VIEIRA, C. A. **O Programa 5S como Ferramenta de Gestão da Qualidade na Agroindústria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro.** Uberaba: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, 2017.

50

IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO DE PROCESSOS E METODOLOGIA KAIZEN NA LOGÍSTICA

*IMPORTANCE OF PROCESS STANDARDIZATION AND
KAIZEN METHODOLOGY IN LOGISTICS*

Elaine de Jesus Pereira Farias
Mirian Nunes de Carvalho Nunes
Thiago Santana de Oliveira

Resumo

O setor logístico é dinâmico, ágil, e exige respostas instantâneas para cada problema que surge. Uma das dores dos clientes são entregas de serviços despadronizados e que dependente de mudanças de gestão. Encontramos na metodologia de origem japonesa Kaizen (melhoria contínua), uma forma de revisar os processos e encontrar sempre o melhor modo de executá-los e logo após padronizar o método encontrado. O objetivo geral desse estudo foi ilustrar a padronização e o uso da metodologia Kaizen. Foi possível ao finalizar esse estudo entender melhor a aplicação da metodologia através do ciclo PDCA e o quanto essa aplicação é importante para as empresas e para os clientes

Palavras-chave: Logística, Padronização, Kaizen, Clientes.

Abstract

The logistics sector is dynamic, agile, and requires instant responses to every problem that arises. One of the customers' pains is the delivery of services that are not standardized and that depend on changes in management. We found in the methodology of Japanese origin Kaizen (continuous improvement), a way to review the processes and always find the best way to execute them and soon after standardizing the method found. The general objective of this study was to illustrate the standardization and use of the Kaizen methodology. It was possible at the end of this study to better understand the application of the methodology through the PDCA cycle and how important this application is for companies and customers

Keywords: Logistics. standardization. Kaizen. Customers.

1. INTRODUÇÃO

Todo desenvolvimento de trabalho, em especial nas empresas, existe uma maneira lógica e correta de executá-lo. É importante sempre, antes de desenvolver qualquer nova atividade, saber qual a maneira correta, quais premissas devem ser consideradas, quem são os envolvidos diretos e indiretos na execução e o fluxo de tomada de decisão existente em cada processo.

As empresas revisam seus processos de tempos em tempos pra identificar pontos de melhorias. A isto é denominado de método Kaizen, que nada mais é do que melhorar sempre. Isso faz com que se encontre métodos mais efetivos e produtivos de execução de uma tarefa. Após encontrar esse melhor método e testar é importante tornar esse processo um padrão.

Na logística a execução de tarefas padronizadas significa rentabilidade para o negócio. Pois quando há processos padronizados na empresa há a eliminação de desperdícios em processos obsoletos, uso assertivo dos recursos, facilidade em treinamento de colaboradores e um aumento no nível de serviço junto aos clientes.

O setor logístico é dinâmico, ágil, e exige respostas instantâneas para cada problema que surge. Essas características fazem com que se dependa da visão do líder logístico que está à frente de cada processo nas tomadas de decisão. Porém isso causa uma despachonização, onde a cada mudança de gestão, haja também mudanças de procedimentos causando uma baixa produtividade a primeiro momento, modelos de entregas de resultados diferentes, e a equipe fica confusa sobre como deve ser executada as atividades, o que pode gerar desmotivação e redução no nível de serviço.

Observamos assim que o cliente sofre com entregas diferentes, em muitos casos isso diminui o nível de serviço. O ideal é se houvesse um processo a ser seguido independente de mudanças de gestão, localização ou mesmo de colaboradores da equipe. Então como fazer entregas ao cliente de forma eficiente e padronizada visando o aumento no nível de serviço?

O objetivo geral desse estudo foi ilustrar a importância do processo de padronização na logística com o uso da metodologia Kaizen, onde foi possível cumprir os objetivos específicos de: revisar definições de conceitos sobre a logística e nível de serviço, descrever a importância do processo de padronização, estudar a metodologia Kaizen,

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma revisão de literatura e por isso usou métodos de análise dissertativo expositivo, ou seja, nos pautamos em explicar ideias. Revisamos estudos anteriores que reforçou a importância da padronização nos processos produtivos e logísticos das empresas. Nesta análise tivemos a oportunidade de estudar principalmente a obra do escritor Ronald H. Ballou em Logística Empresarial (2012), que orienta diversos estudos sobre logística. E sobre o processo de Qualidade Total nos orientaremos com a obra de Vicente Falconi: Padronização de empresas, entre outros autores.

2. LOGÍSTICA

2.1. Conceituação de logística

Desde o começo a logística busca diminuir as distâncias de entrega fazendo com que o produto chegue a demanda, que normalmente é longe do local onde é produzido.



Conseguimos perceber isso com as primeiras narrativas que se encontra sobre a logística como entendemos hoje, na ocasião da primeira e segunda guerra mundial onde munições, alimentos, medicamentos, precisavam ser transportados até a linha de frente onde os soldados estavam combatendo.

No mundo empresarial de hoje não é diferente, estamos com a demanda na linha de frente e é a logística que nos permite chegar com os suprimentos. Segundo Novaes (2004) Ao decidir avançar suas tropas seguindo uma determinada estratégia militar, os generais precisavam ter sob suas ordens, uma equipe que providenciasse o deslocamento, na hora certa, de munição, víveres, equipamentos e socorro médico para o campo de batalha.

No desafio de aproximar os centros produtores dos clientes nasce a logística como conhecemos no meio empresarial, com a ideia de criar pontes entre os dois extremos de forma que gere o menor custo e maior valor para o cliente final, afinal de contas a logística tem por missão a entrega correta, no tempo correto, no local exato, na quantidade e qualidade certa (BALLOU, 2012).

Já Chiavenato (2005) completa que a logística envolve o processo de planejamento, implementação e controle da eficiência e do custo efetivo relacionado ao fluxo de armazenagem de matéria-prima, material em processo e produto acabado, bem como do fluxo de informações do ponto de origem ao ponto de consumo com o objetivo de atender às exigências do cliente.

Ou seja, a logística não só envolve o fluxo de mercadorias, mas também envolve informação que é passada entre ponto de origem e ponto de consumo. Não simplesmente trata-se de estoque, mas da sua movimentação e principalmente do controle dessa movimentação que garante o controle de custos e redução de perdas e desperdícios. Além disso, quando se fala em fluxo de informação nos leva a entender que a logística envolve não somente a área de distribuição de produtos físicos, mas também de serviços prestados ao cliente.

Ballou (2012) afirma sobre a importância da logística que a logística empresarial é vital para economia e para a empresa individual. É fator-chave para incrementar comércio regional e internacional. Sistemas logísticos eficientes e eficazes significam melhor padrão de vida para todos. Na firma individual, atividades logísticas absorvem uma porção significativa de seus custos individuais. Estes custos, que são em média cerca de 22% das vendas, determinam muitas vezes se uma firma será competitiva.

Complementarmente, Bowersox e Closs (2001) afirmam que a logística é “a capacitação de uma empresa em fornecer ao cliente um serviço competitivamente superior ao menor custo possível”.

2.1.1 Supply Chain

A logística de distribuição faz parte da cadeia de suprimentos. E o que seria cadeia de suprimentos? Nada mais é do que uma rede interligada de gerenciamento de suprimentos para o mercado (vide Figura 1). Compõe ela movimentação, transporte, armazenagem, controle de inventários, ou seja, tudo que envolve a gestão e inteiramente ligado ao sistema de gerenciamento de estoques (WMS), desde o fornecedor até a chegada no cliente final.



Figura 1: A integração da logística
 Fonte: Bowersox e Closs (2001, p.44)

Figura 1. A integração da logística

Fonte: Bowersox e Closs (2001, p. 44).

Além disso, a logística de distribuição é responsável por atender efetivamente o cliente, pois é ela que tem a função de distribuir, escoar tudo o que foi adquirido ou produzido e entregar ao mercado consumidor. Segundo Ballou (2012) a distribuição física é o ramo da logística empresarial que trata da movimentação, estocagem e processamento de pedidos dos produtos finais da firma. Costuma ser a atividade mais importante em termos de custo para a maioria das empresas pois absorve cerca de dois terços dos custos logísticos.

2.1.2 Logística Reversa

A logística reversa é o processo contrário da logística de distribuição. É quando os produtos que foram distribuídos na cadeia por algum motivo precisam retornar pra fábrica (*recall*). Mas não apenas isso, a logística reversa também trata de sustentabilidade, de embalagens que são recicladas e voltam novamente para o processo de distribuição, diminuindo assim a utilização de matéria prima original.

Segundo Ballou (2012), com exceção da reciclagem de latinhas de alumínio e aço de automóveis, o desenvolvimento dessa área da logística está pequeno visto aos estudos já desenvolvidos de distribuição.

A previsão é que esse setor de reciclagem se desenvolva nos próximos anos devido os custos de matéria prima original está cada vez mais cara e escassa e o aumento da conscientização dos consumidores (BALLOU).

2.1.3 Nível de Serviço

Quando se fala de nível de serviço estamos trazendo à tona o diferencial através do qual a empresa fideliza o cliente. Ou seja, o nível de serviço trata do resultado de todos os esforços feitos entre os níveis estratégico, tático e operacional a fim de atender a necessidade do cliente (BALLOU). Desde 1990 a exigência do mercado aumentou, com clientes exigindo entregas mais frequentes, maior qualidade do produto entregue e preços justos. Isto exige dos operadores logísticos estratégia em cada ponto da distribuição, desde o momento que o produto é fabricado até a entrega dos clientes (MARTINS).

3. METODOLOGIA KAIZEN

Quando falamos de revisão constante dos processos é impossível não falar de melhoria contínua e método Kaizen.

3.1 Conceito se Kaizen

A melhoria contínua segundo Chiavenato (2014) é uma mudança que acontece na empresa de forma gradativa e suave, visando a melhoria de qualidade nos produtos e serviços.

A palavra Kaizen é original da língua japonesa e em sua tradução literal significa mudar para melhor. Esse significado vem mudando o pensamento das empresas com a aplicabilidade do método de reavaliação constante dos processos e melhoria contínua do negócio.

Ainda segundo Chiavenato (2014) “Para o kaizen, nada é estático e tudo deve ser revisito e reanalisado continuamente. As melhorias não precisam ser grandes, mas devem ser contínuas, constantes e incrementais”.

O kaizen surgiu no Japão pós II Guerra Mundial onde o país estava arrasado pela guerra, sem condições aparentemente para se reerguer. Porém essa filosofia de gestão e outras que complementam o Lean mudaram o rumo da história e fizeram com que o país se reerguesse rapidamente apenas focado em melhoria de processo, eliminação de desperdícios, e aumento de produtividade.

3.2 Aplicação Kaizen

Algumas empresas fazem do kaizen um evento com uma certa periodicidade onde precisa haver uma preparação, normalmente de 3 dias para estabelecer quem desenvolverá as tarefas no lugar do operador que estará no evento, além do planejamento em si do que será revisado no evento. Outras empresas fazem do kaizen uma metodologia ativa e constante onde sempre é estimulado os colaboradores pensar o que pode ser melhorado no processo e na operação a cada reunião ou a cada final de turno.

Nesse ato os participantes do evento são em geral do nível operacional que irão ter disponibilidade para pensar e pesquisar a respeito de soluções para problemas ou melhoria de seus processos produtivos. Segundo Chiavenato (2014) essa análise é sempre feita do nível operacional para o estratégico, nunca o contrário, pois é quem executa que de fato conhece o processo.

O kaizen foi o primeiro movimento holístico que pregou a importância das pessoas e das equipes por meio da participação e do comprometimento. O trabalho em equipe é essencial: todos os assuntos são responsabilidade de todas as pessoas. Há um compartilhamento da responsabilidade, que se torna solidária. Para tanto, o kaizen requer pessoas incentivadas, treinadas e preparadas para pensar crítica e construtivamente (CHIAVENATO).

Enquanto o Kaizen é aplicável no nível operacional, o conceito de qualidade total é aplicável em todos os âmbitos da organização. Visando o aumento no nível de serviço, aumentando a qualidade dos produtos, serviços e processos (CHIAVENATO).

4. LEAN MANUFACTURING

A filosofia japonesa *Lean* também conhecida como modelo Toyota de produção, foi desenvolvida pela necessidade da produção de carros de forma mais barata, com uma produção mais enxuta, e que conseguisse competir com a indústria americana. Nasce aí a concepção de produzir mais com menos, pensamento que surgiu na fábrica da Toyota com Taiichi Ohno, seu vice-presidente, que diz:

A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO).

A filosofia do modo Toyota de produção virou estudo de caso para diversas empresas de vários ramos diferentes. Todos queriam entender o sucesso do modelo Toyota e foi assim que essa ideia foi difundida no mundo todo e é estudada nas academias até hoje como produção enxuta.

Como a ideia da filosofia é produção mais otimizada, produzindo mais com menos recursos de maquinários, humanos e financeiros (eliminando desperdícios) são necessárias avaliações constantes de como melhorar o processo. Por isso o método Kaizen faz parte da gestão *Lean* de ser.

5. PADRONIZAÇÃO DE PROCESSOS

É muito falado no meio empresarial sobre padronização, sobre como tornar os processos mais controláveis, sobre como as entregas podem ser medidas com indicadores. Mas o que de fato é padronização?

5.1 Conceito de Padronização

Segundo o dicionário o ato de padronizar é a adoção de uma medida, especificação, paradigma ou uniformizar a produção ou avaliação de qualquer coisa.

Ou seja, qualquer coisa que se queira controlar, medir, tornar igual os resultados precisa ser padrão, precisa ser igual. Quando falamos disso no âmbito empresarial torna-se um dos principais objetivos da organização, pois o que se quer é altos níveis de serviço com o cliente, serviço de qualidade independente do horário, independentemente do local e tudo isso gera resultado para empresa. A padronização é algo que vivemos a muitos anos segundo Campos (2014), ele mesmo expressa em seu livro um trecho de um possível processo de padronização:

Imagine uma pequena ou aldeia no passado: a alimentação básica era o peixe. Pescava-se de alguma forma até que alguém testou a rede feita por cipós e pegou uma quantidade maior de peixes com menos trabalho. Evidentemente que os outros habitantes da aldeia, tendo em vista os resultados obtidos, passaram a utilizar a rede como método de pesca. Estava assim padronizado o método de pescar com rede. Mais tarde alguém julgou que seria melhor utilizar fios de juta do que cipó para fazer a rede. Tentou e isso resultou numa maior quantidade de peixes com menor trabalho. Os outros imediatamente adotaram a ideia (padronizaram). (CAMPOS)

Ainda segundo Campos (2014), a padronização precisa ser vista no meio empresarial



como algo que trará melhoria nos custos, na qualidade do produto ou serviço, cumprimento de prazos e segurança para o processo.

Além disso a padronização é importante para medição de resultados. Porque é através da padronização que se consegue gerenciar rotinas de trabalho, métodos e metas.

Segundo Falconi (2013) Método é uma palavra de origem grega que é composta por Meta que significa “resultado a ser atingido” e Hodós “caminho”, ou seja, é o caminho a ser seguido para que os resultados necessários aconteçam. É justamente esse caminho de resultados com sucesso que precisa ser padronizado para toda empresa como exemplo a ser seguido.

5.2 Processo de Padronização

O processo de padronização em si como descreve no quadro abaixo, é o momento de enjaular o motivo dos problemas para controlá-lo, segundo Campos (2014), e faz parte do processo do controle da qualidade.

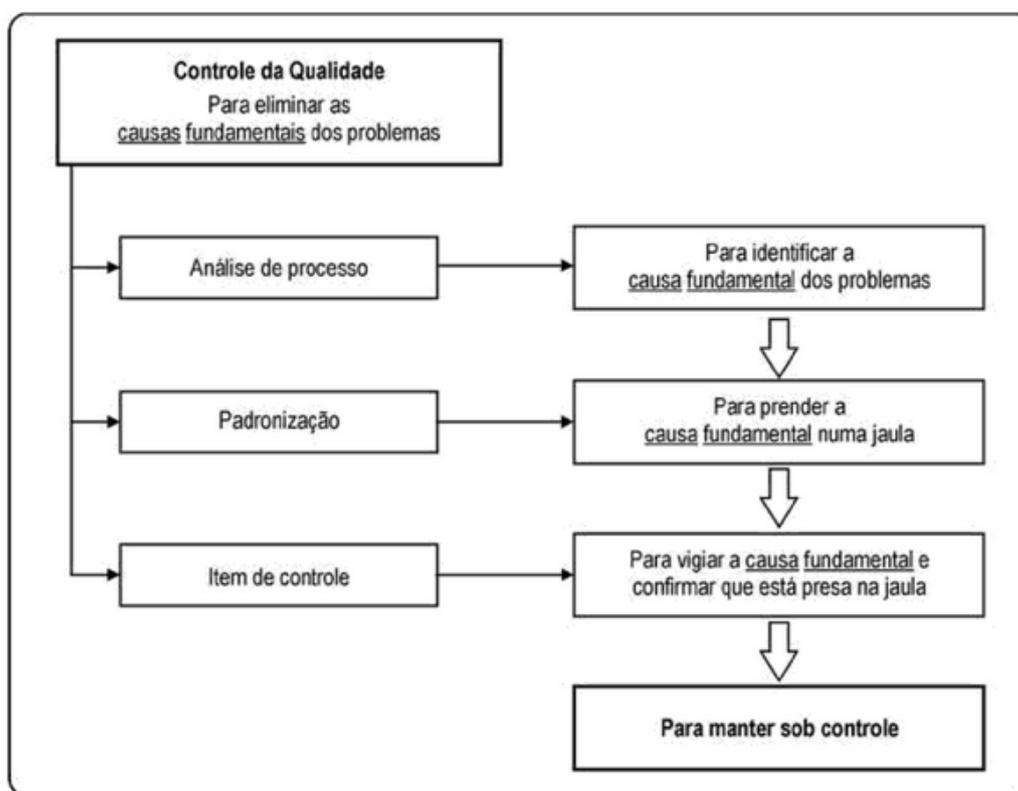


Figura 2. Bases para o Controle da Qualidade

Fonte: Campos (2014, p. 17).

Após identificado o problema através da verificação dos processos com ferramentas como (PDCA) a melhor forma de se fazer o trabalho (método) precisa se tornar um padrão a ser seguido por todos. Apesar disso, é importante que esse padrão seja revisado constantemente para saber se não existe um caminho (método) melhor.

É na fase da padronização que são revisados os fluxos de trabalho, o papel de cada colaborador e de cada nível hierárquico no processo. Além disso é também nesse momento que são revisadas as documentações dos procedimentos detalhando o método a ser seguido e o treinamento de toda equipe para que sigam este método desenvolvido.

6. CONTROLE DA QUALIDADE TOTAL (TQM)

6.1 Conceituação

O conceito de qualidade total surgiu no Japão pós-guerra juntamente com os demais conceitos já listados neste trabalho, com a intenção de fazer uma produção mais eficiente, com menos retrabalhos e desperdícios mas que o produto em si seguissem um padrão de qualidade.

Mas antes de entender sobre qualidade precisamos conceituar o que significa controle. Controle são conjuntos de ferramentas/ indicadores que irão medir algo ou alguém. Portanto, segundo Campos, o controle tem 3 ações fundamentais: planejamento de controle (com metas e métodos), manutenção do nível de controle (Atuar no resultado e atuar na causa), melhorias nas diretrizes de controle.

Campos (2014) destaca ainda a importância desses conceitos de controle de processos ser seguidos por todos da empresa:

Esse mesmo conceito é praticado por presidente, diretores, gerentes, supervisores e operadores de uma empresa. É evidente que o vocabulário, os métodos, os recursos científicos e a abordagem podem ser diferentes, mas o conceito é o mesmo. Todos devem praticar as três etapas do controle.

Precisamos também compreender o significado de meta e método. As metas são os indicadores pelos quais determinado controle de processo será medido. Exemplo, uma equipe de Rh precisa fazer o recrutamento e seleção de 30 pessoas por semana e essas pessoas precisam ter um nível de retenção de 95% após os três meses de contrato de experiência. São números que medem o processo de recrutamento e seleção.

Já o método é o meio pelo qual esse indicador/ meta será atingido. Vamos usar o mesmo exemplo do Rh. Qual será a estratégia que o Rh vai usar pra efetivar a contratação de 30 pessoas por semana? Será utilizar de um aplicativo que já faça uma triagem prévia de currículos? Vai utilizar divulgação das vagas através das mídias sociais? A estratégia que o Rh escolher será o método definido para atingir a meta.

Tendo isso, estudamos agora o conceito de Qualidade Total. Segundo Campos, “A prática da qualidade total é cerne do TQC e obrigação de todos.” É um método gerencial no estilo japonês de ser, onde encontramos o foco na satisfação do cliente, no nível de serviço elevado, garantindo a qualidade de produtos e serviços.

Sendo esse método praticado com comprometimento por todos da empresa é a base de sustentação para o método TQC.

7. ALGUMAS FERRAMENTAS

7.1 Fluxograma

O fluxograma são caixas de trabalho que formam o fluxo de informações, tarefas ou produtos dentro do processo. O fluxograma auxilia no mapeamento de gargalos dentro do processo e de forma bem visual consegue apresentar pra quem o está enxergando como de fato funciona o processo como um todo e onde cada decisão pode influenciar na vida do outro dentro da empresa.



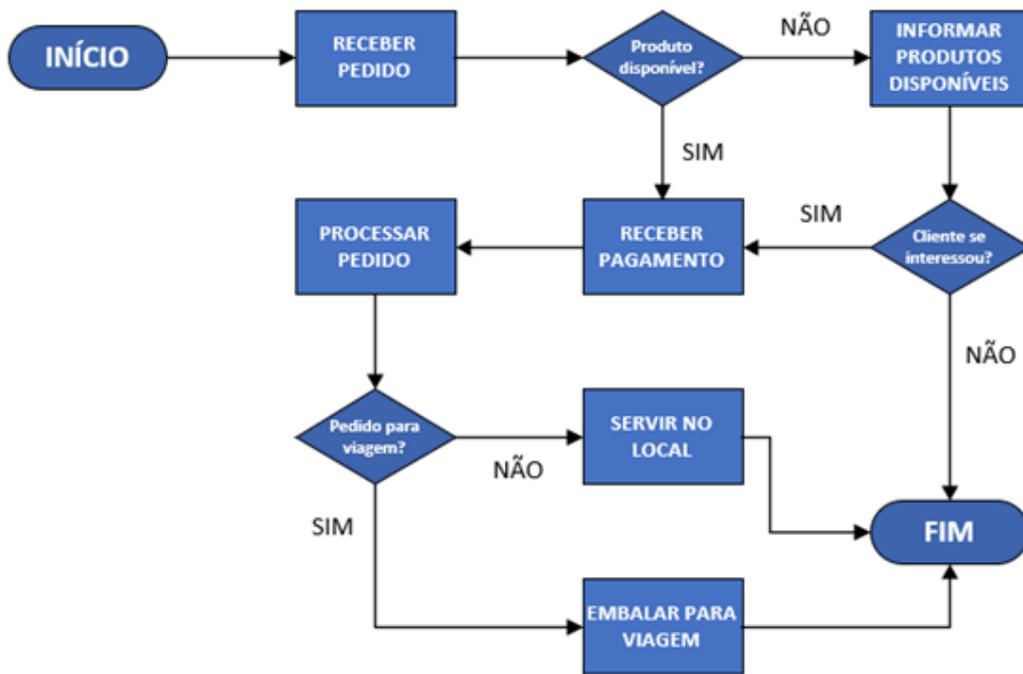


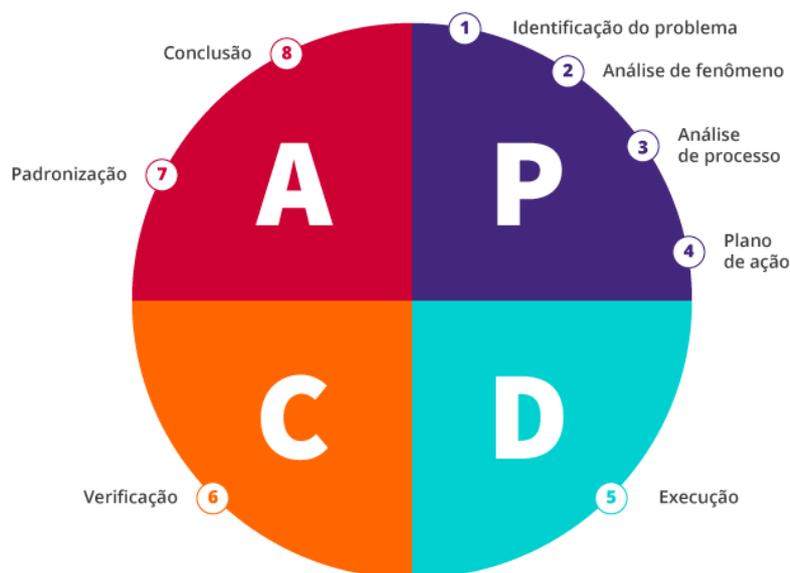
Figura 3. exemplo de fluxograma

Fonte: <https://solucoesufv.com.br/conteudo/fluxograma-de-processos/>

7.2 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta aplicada em quatro etapas. Muito utilizada pra montagem de plano de ação pra resolução de problemas, também para revisão de processos pra melhoria contínua.

Ciclo PDCA



Fonte: Falconi, 2015

Figura 4. Ciclo PDCA

Fonte: <https://viridis.energy/pt/blog/o-ciclo-pdca-na-gestao-de-energia-e-utilidades>

As quatro etapas do PDCA consistem em: *Plan* (planejamento), *Do* (teste), *Check* (verificação), *Act* (ação/ execução). A fase do planejamento é onde vai se avaliar as soluções possíveis e tomar a decisão pela melhor. A fase de teste é pra experimentar se o que foi planejado é possível de execução. A fase da verificação é a checagem de pontos de gargalos no que foi testado. Nessa fase é possível que o teste não tenha dado certo e tenha que reiniciar o ciclo no planejamento. Mas caso a fase de *check* aprove o que foi testado é o momento em que se vai para a ação e execução em massa. É possível também reiniciar sempre o PDCA ou também padronizar os métodos encontrados através do SDCA.

7.3 Ishikawa

O método Ishikawa também conhecido como espinha de peixe é um método bastante utilizado pra identificação de gargalos e de forma visual identificar prioridades de ação nos gargalos e onde estão os pontos medianos e os pontos menos graves através dos aspectos definidos pelo usuário do método.

É conhecido como espinha de peixe pelo formato do desenho que sugere na cabeça do peixe o principal problema, nas espinhas laterais do corpo do peixe é identificado as dimensões que podem influenciar no problema como por exemplo Mão de obra, equipamentos. Identificadas as dimensões é detalhado mais profundamente o que nessas dimensões estão impedindo que o problema seja resolvido.



Figura 5. Diagrama de Ishikawa

Fonte: <https://blogdaqualidade.com.br/como-o-diagrama-de-ishikawa-me-ajuda/>

7.4 5W2H

Essa ferramenta é amplamente difundida no meio empresarial pois auxilia nas tomadas de decisão frente aos problemas e possibilita definir que irá solucionar o problema, quando irá custar, onde será.

Segue abaixo um exemplo de planilha 5W2H para plano de ação.

| Ferramenta 5W2H com priorização GUT | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------|--------|------------|---|--------------|-----------|-------------|---|---|-----|
| 5W | | | | | 2H | | Status | Priorização | | | |
| What? | Why? | Where? | Who? | When? | How? | How much? | | Situação | G | U | T |
| O que? | Por que? | Onde? | Quem? | Quando? | Como? | Quanto? | | | | | |
| Realizar auditoria de 5S | Garantir os benefícios do programa | Almoxarifado | André | 10/10/2017 | Seguir roteiro de inspeção | R\$ 450,00 | Pendente | 5 | 4 | 5 | 100 |
| Limpeza da área de produção | Garantir a qualidade do produto | Área de Produção | Nelson | 25/10/2017 | Com pano, balde, detergent e e água | R\$ 150,00 | Atrasada | 5 | 5 | 3 | 75 |
| Enviar molde para jateamento | Reduzir defeitos das peças | Jatex | Carlos | 15/11/2017 | Retirar molde de produção e enviar com nota para conserto | R\$ 5.450,00 | Concluída | 4 | 4 | 4 | 64 |

Figura 6. Planilha 5W2H

Fonte: <https://www.telios.eng.br/site/plano-de-acao-5w2h-com-priorizacao-gut/>

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como fazer entregas ao cliente de forma eficiente e padronizada visando o aumento no nível de serviço? Tendo conhecimento a respeito de melhoria contínua através da identificação de gargalos e planos de ação pra esses gargalos e o processo de padronização dos planos de ação mais eficazes pra cada gargalo.

O objetivo geral desse estudo foi ilustrar a importância do processo de padronização na logística com o uso da metodologia Kaizen, onde foi possível cumprir os objetivos específicos de: revisar definições de conceitos sobre a logística e nível de serviço, descrever a importância do processo de padronização, estudar a metodologia Kaizen.

Os objetivos gerais e específicos foram alcançados através de uma revisão bibliográfica em estudos anteriores e reforça a importância da padronização nos processos produtivos e logísticos das empresas. Neste estudo conseguimos ser apoiados principalmente pela obra do escritor Ronald H. Ballou em Logística Empresarial (2012), que orienta diversos estudos sobre logística. E sobre o processo de Qualidade total nos orientaremos com a obra de Vicente Falconi: Padronização de empresas.

Este trabalho contribui para a sociedade pois as metodologias Kaizen e padronização estudadas podem ser utilizadas em todas as áreas de estudo inclusive com preservação do meio ambiente, melhores entregas de trabalho pelas empresas e redução de custos de retrabalho. Contribui para a academia pois é um estudo pouco feito na área e pode servir de caminho para novos estudos científicos nesta área.

Referências

- BALLOU, R.H. **Logística Empresarial**. São Paulo, Atlas, 2012.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial. O Processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas. 2001.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade Total: padronização de empresas**. Nova Lima: Falconi. 2014

CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação ao Planejamento e Controle de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 2005.

CHIAVENATO, Idalberto. **Teoria Geral da administração: Abordagem descritiva e explicativa**. São Paulo: Manole. 2014.

FALCONI, Vicente. **O verdadeiro poder**. Nova Lima: Falconi. 2013.

MARTINS, P.G.; CAMPOS P.R. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2009.

NOVAES, A.G. **Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**, 4.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

<https://www.telios.eng.br/site/plano-de-acao-5w2h-com-priorizacao-gut/> (São Luis, jun/2022)

<https://blogdaqualidade.com.br/como-o-diagrama-de-ishikawa-me-ajuda/> (São Luis, jun/2022)

<https://viridis.energy/pt/blog/o-ciclo-pdca-na-gestao-de-energia-e-utilidades>(São Luis, jun/2022)

<https://solucoesufv.com.br/conteudo/fluxograma-de-processos/> (São Luis, jun/2022)



51

SEGURANÇA DO TRABALHO EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

WORK SAFETY IN CIVIL CONSTRUCTION WORKS

Hugo Leonardo Gonçalves dos Santos

Resumo

Com o desenvolvimento de novas tecnologias na construção civil tornou-se possível a realização de grandes obras em menor tempo, no entanto, essa evolução também contribuiu para a geração de um alto índice de acidentes de trabalho. Sendo assim, torna-se indispensável estudos mais analíticos e investimentos em segurança do trabalho no canteiro de obras para garantir a integridade física e mental dos trabalhadores, além de contribuir para a produtividade da obra. A segurança e a saúde do trabalho na área da construção civil dependem principalmente de normas regulamentadoras, artifícios para proteção e preservação da saúde do trabalhador, e da presença dos engenheiros e técnicos de segurança no trabalho no canteiro de obras. Neste sentido, o objetivo geral do trabalho é demonstrar a importância da segurança do trabalho no canteiro de obras. A metodologia trata-se de uma revisão bibliográfica sendo utilizadas publicações indexadas nas bases de dados SciELO, PubMed e MedLine. Conclui-se, através deste estudo, que é possível compreender e sugerir ações que contribuem para a prevenção de acidentes na construção civil.

Palavras-Chave: Segurança do Trabalho. Construção Civil. Normas Regulamentadoras.

Abstract

With the development of new technologies in civil construction, it became possible to carry out large works in less time, however, this evolution also contributed to the generation of a high rate of work accidents. Therefore, more analytical studies and investments in work safety at the construction site are essential to guarantee the physical and mental integrity of workers, in addition to contributing to the productivity of the work. Safety and health at work in the civil construction area depend mainly on regulatory standards, artifices to protect and preserve the health of the worker, and on the presence of engineers and safety technicians at work at the construction site. The general objective of the work is to demonstrate the importance of work safety at the construction site. The methodology is a case study carried out with a descriptive approach to the problem studied. The theoretical foundation is based on the search for secondary data, using publications indexed in the SciELO, PubMed and MedLine databases. It is concluded, through this study, that it is possible to understand and suggest actions that contribute to the prevention of accidents in civil construction

Keywords: Workplace safety. Construction. Regulatory Norms.



1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o ser humano sempre esteve exposto a diversos riscos de acidentes em suas funções de trabalho. Com o passar dos anos, o desenvolvimento socioeconômico possibilitou ao homem a avaliação e compreensão desses riscos e verificou-se a escassez do emprego de técnicas de trabalho mais eficientes e seguras. As primeiras leis trabalhistas surgiram durante a Revolução industrial, período em que devido às extensas cargas horárias e ambientes de trabalho insalubres oferecidos aos operários, levaram a união e o fortalecimento da classe trabalhadora pela reivindicação de melhores condições de trabalho. No Brasil, a busca por melhorias/avanços na segurança de atividades realizadas pelos trabalhadores também se intensificou durante o processo de industrialização.

Em 1944 durante o governo de Getúlio Vargas foi criada a CLT (Consolidação das Leis do Trabalho). A partir daí o Brasil passou a ter as primeiras leis relacionadas à segurança no trabalho, no qual eram estabelecidas as formas de pagamento e a jornada de trabalho. Após a criação da CLT e publicação do seu capítulo específico relativo à “Saúde e Segurança do Trabalho”, ainda havia inexistência de informações precisas ou estudos a respeito da metodologia para aplicabilidade do que o referido artigo descrevia. Através da Portaria N.º 3.214, de 08 de junho de 1978 foram criadas as Normas Regulamentadoras (NR). Estas Normas possuem o objetivo de padronizar, fiscalizar e fornecer instruções acerca dos procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e medicina do trabalho, garantindo assim um ambiente de trabalho seguro e saudável.

A construção civil é um dos mais importantes segmentos da economia mundial, sendo também reconhecida como uma das atividades mais perigosas devido ao alto índice de acidentes de trabalho fatais. Dados da Organização Internacional do Trabalho (2009), indicam que a cada ano ocorre cerca de sessenta mil acidentes fatais em todo o mundo com um óbito a cada dez minutos, sendo que um de cada seis acidentes fatais acontecem no setor da construção civil. Nesse contexto, o setor construtivo é considerado um dos mais perigosos devido aos inúmeros riscos oferecidos aos trabalhadores no canteiro de obra por constituir um ambiente insalubre e perigoso, além de falta de conscientização do colaborador e/ou inexistência de treinamento adequado. Logo, qual a importância da segurança do trabalho em obras de construção civil?

A maioria dos acidentes na construção civil pode ser atribuída a erros humanos. Todavia, quando o acidente é ocasionado por um erro humano, normalmente refere-se a eventos baseados em distrações ou negligência dos trabalhadores. Entretanto, para que isso desencadeie um acidente, é resultado de várias decisões tomadas anteriormente que geraram as condições para tal ocorrência. O erro humano é consequente das interações de homem-trabalho e homem-ambiente que não atendam aos padrões de trabalho e segurança esperados. É essencial que o ambiente de trabalho seja organizado, limpo e ofereça a segurança necessária para o bem-estar do colaborador.

O objetivo geral deste artigo é descrever a importância das adequadas condições de Segurança do Trabalho na Construção Civil. Os objetivos específicos são: caracterizar os acidentes de trabalho na construção civil; destacar as medidas protetivas de acidentes no trabalho na construção civil; evidenciar a importância das normas regulamentadoras e a utilização de equipamentos de proteção individuais e coletivos. A metodologia deste trabalho é uma revisão bibliográfica, por meio de pesquisa qualitativa e descritiva, no qual, serão consultados livros e artigos em sites de cunho científico como Scielo, Lilacs, Google Acadêmico, no período de 10 anos, em que serão levados em conta os critérios de texto

completo, disponível online, com acesso livre, em língua portuguesa.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE ACIDENTES DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

No Brasil, conforme o estabelecido no art. 19 da Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991, pág. 11, entende-se:

Acidente de trabalho, aquele ocorrido no desenvolvimento do trabalho a serviço da empresa, ou pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, que provoquem lesões corporais ou perturbação funcional com consequência de morte e perda ou diminuição da capacidade para o trabalho seja ele permanente ou temporário.

Conforme dispõe a Lei nº 8.213 de 24 de julho de 1991, toda ocorrência de acidentes de trabalho no território nacional deverá, até o 1º dia útil seguinte ao da ocorrência e, em caso de morte, de imediato, serem comunicados ao INSS sob pena de multa em caso de omissão. No Brasil, o Comunicado de Acidentes de Trabalho (CAT) é um instrumento formal de registro dos acidentes do trabalho e seus equivalentes. Portanto, pode-se citar os acidentes com CAT registradas, que são aqueles informados ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), e os com CAT não registradas, que são aqueles não informados ao INSS e que foram identificados através de um dos possíveis nexos: 01 - Nexo Técnico Profissional/Trabalho, 02 - Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário – NTEP, 03 - Nexo Técnico por Doença Equiparada a Acidente do Trabalho ou 04 - Nexo Individual. Esta identificação é realizada em concordância com a atual forma de concessão de benefícios acidentários.

A construção civil abrange um leque de atividades de produção de obras, incluindo atividades de planejamento até a execução, manutenção e restauração, sendo essenciais na conjuntura da economia do país. Devido a isso, a absorção da mão de obra não qualificada, a terceirização dos serviços, o caráter temporário das instalações faz com que as atividades na construção civil tenham elevados números de acidentes no local de trabalho. Nesse contexto, discute-se o interesse e o investimento da segurança do trabalho (MACHADO, 2015).

A segurança do trabalho é regulamentada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) através das Normas Regulamentadoras (NRs), dentre elas, a que se destina exclusivamente a construção civil é a NR 18 que trata de diretrizes de segurança em condições ambientais ao ar livre e espaços complexos, porém, não menos importante, as NR 4 que trata dos Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, a NR 5, a NR 6 que dispõe sobre os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), a NR 7 e NR 9 que trata sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (FERREIRA, 2018). O Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção – NR 18, representa um conjunto de ações e recursos de caráter obrigatório, visando garantir a saúde e a integridade dos trabalhadores da construção civil, prevenindo acidentes do trabalho em canteiros de obras durante toda a execução da construção e estabelecendo condições adequadas de conforto para o empregado (BRASIL, 2020).

De acordo com a legislação, devem ser realizadas análises e um planejamento que antecede a atividade de trabalhos em altura, são eles: Análise de Risco (AR) que é responsável por identificar os riscos presentes no ambiente e conforme os resultados serão adotadas medidas para garantir a segurança e prevenir futuros acidentes; Permissão e Trabalho



(PT); e o Procedimento Operacional (PO). Estas ferramentas têm como objetivo a antecipação dos riscos da tarefa que será executada, suas causas, consequências e medidas de controle necessárias para segurança no trabalho (LIMA, 2013). Por tanto se ter um planejamento adequado se faz de extrema importância, desde avaliar os funcionários antes de qualquer serviço, ter uma visão prevencionista, conferir equipamentos e instalações antes de se iniciar as atividades. Um gerenciamento de risco bem planejado tende a ter resultados na melhoria da qualidade de vida e mão de obra, uma maior produtividade para a empresa e minimização de erros e falhas na execução do trabalho (PEREIRA, 2020).

Segundo Mikiewski (2012) a maioria dos acidentes ocorridos nos trabalhos em altura resulta deve-se a falhas humanas como inexperiência, falta de treinamento ou negligência relacionada às normas e procedimentos existentes e a falta de uma análise da tarefa, onde devem ser identificados e corrigidos os possíveis riscos de acidentes. Mendes (2013) e Roque (2011), define como principais causas de acidentes de trabalho em altura os atos inseguros resultantes da execução das tarefas em desobediência às normas de segurança; as condições inseguras de falhas técnicas existentes no local de trabalho, as quais comprometem a segurança das instalações, dos equipamentos e a dos trabalhadores (perda de equilíbrio, falta de proteção, falha de uma instalação ou dispositivo de proteção); e os eventos catastróficos. A ocorrência de acidentes de trabalho dependendo da causa e da magnitude, produz no trabalhador lesão corporal leve, moderada ou grave, invalidez, perturbação psicológica, doença ou levando a morte. Devido a isso, os empresários devem realizar capacitações, treinamentos específicos para dar suporte técnico ao trabalhador executar as atividades em ambientes em altura, bem como o uso adequado dos EPIs (PEREIRA, 2020).

A realização dos trabalhos em altura exige muitos requisitos legais de segurança, necessita de autorização para permitir a execução de qualquer tipo de atividade laboral, manutenção de um cadastro que permita o conhecimento acerca dos limites e abrangências da autorização dos trabalhadores para a execução de cada atividade prestada (PEREIRA, 2020). As empresas devem adotar medidas de acordo com a NR – 35, onde define trabalho em altura toda atividade exercida em elevações acima de 2m do nível inferior e determina as diretrizes de segurança e prevenção de acidentes, apresenta os requisitos para assegurar às empresas, detalhamento sobre a gestão de processos, exige que o trabalhador seja qualificado para exercer as atividades (BRASIL, 2013).

De acordo com a CLT- Consolidação das Leis do Trabalho, o processo de implementação dos programas de segurança e controle ocupacional em todas as atividades de impacto de risco sobre a saúde do trabalhador são obrigatórias para as empresas e estão submetidas à fiscalização de Segurança do Trabalho. A aplicação dessas medidas de prevenção de acidentes traz uma perspectiva na melhoria da produtividade dos trabalhadores e gera uma maior confiança para executar as atividades no local de trabalho (PEREIRA, 2020).

No âmbito nacional a construção civil vem se destacando como um dos setores mais problemáticos no que diz respeito aos acidentes de trabalho. Ao longo dos anos essa área passou a apresentar índices elevados em relação aos acidentes de trabalho, acidentes esses que deixam sequelas duradouras, quando não acabam por interromper a vida do profissional da construção civil (NASCIMENTO; SALIM, 2018). Tal conjuntura acentua-se ainda mais, devido à alta absorção de mão de obra na esfera da construção civil, principalmente, em relação à contratação, já que ela ocorre sem grandes restrições, dada a amplitude das vagas de trabalho existentes nesse setor. Outro fato a ser mencionado diz respeito à precarização das condições de trabalho, que cada vez mais se faz presente (TAKAHASHI et al., 2012; NASCIMENTO; SALIM, 2018).

O setor da construção civil apresenta o maior número de acidentes de trabalho, o que demonstra a lacuna existente entre a responsabilidade dos próprios trabalhadores e a aplicação da lei. De acordo com Silveira et al. (2005) os principais acidentes que ocorrem nos canteiros de obra são quedas; dermatoses, alergias e complicações; choque elétrico; acidentes com máquinas e equipamentos; mutilações; violência e brigas; lesão por esforço repetitivo e outros problemas físicos. Já segundo Sena (2019) as quedas geralmente ocorrem de escadas, muros e andaimes, em razão da falta ou uso inadequado dos equipamentos de proteção individual. É válido ressaltar ainda que os sistemas de escavação, movimentação de terras, construção, montagem e desmontagem de elementos pré-fabricados, instalações elétricas e hídricas, desmontagem, demolição, manutenção, conservação, pintura, limpeza ou saneamento, reuniões de estaleiro, e entrega apressada são tarefas que em geral proporcionam uma maior ocorrência de acidentes na construção. Pinos et al. (2021) e Santana et al. (2006) evidenciam que em países desenvolvidos os gastos com acidentes de trabalho são em torno de 4% do PIB, já nos países subdesenvolvidos a verba empregada nesses casos é de 10% do PIB, demonstrando que em países subdesenvolvidos a segurança no trabalho não é vista como algo fundamental para o bom andamento da obra.

O afastamento de um operário decorrente de acidente de trabalho gera gastos muito maiores para o empregador do que se este tivesse sido evitado. Dentre as despesas estão o afastamento do operário em questão, destruição de equipamentos e materiais, redução do ritmo de produção, necessidade de treinar outro operário, horas extras. Em síntese, além de afetar a integridade da saúde do trabalhador que sofreu o afastamento, todos esses elementos juntos acarretam uma elevação sobre o custo da obra, fazendo com que os preços para o consumidor sejam aumentados. Portanto, de acordo com os autores, grande parte dessas despesas pode ser evitada investindo em programas de segurança no trabalho (OLIVEIRA, 2012; DALCUL, 2001).

É de grande importância o uso do equipamento de proteção na construção civil durante todo o período de trabalho. Uma das principais dificuldades encontradas é a falta de conscientização dos funcionários em relação à utilização correta dos EPI's. Outro problema a ser destacado é a desorganização do canteiro de obra, uma vez que é de grande importância a manutenção do ambiente de trabalho limpo, organizado e fiscalizado de acordo com as normas. Outro fator constante em relação aos acidentes de trabalho é a ocorrência de quedas de materiais, sendo este um risco muito frequente na obra. É válido ressaltar também que o acidente de trajeto sofrido pelo trabalhador ou estagiário no percurso entre a residência e o local de trabalho ou do local de trabalho para sua residência, é considerado um acidente de trabalho previsto na lei 8.213/91. Quando se tem um acidente de trabalho de trajeto, a legislação brasileira determina uma série de normas que devem ser cumpridas pela empresa, para garantir a recuperação do trabalhador e a sua volta ao trabalho. Desta forma, o trabalhador tem os mesmos direitos da mesma maneira como se tivesse sofrido um acidente de trabalho dentro do canteiro obras. Segundo Júnior (2017), o avanço tecnológico e a crescente busca pelo aperfeiçoamento de técnicas construtivas objetivando a redução de custos e maior lucro de empresas geram como efeito um aumento no índice de acidentes de trabalho. Diante desse cenário, nota-se a necessidade de adoção de metodologias mais eficientes e melhor gestão em canteiros de obras para assegurar.

3. MEDIDAS PREVENTIVAS DE ACIDENTES DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Conforme Júnior (2017), antes de qualquer atributo, pode-se considerar a segurança no trabalho como um ponto de referência, no que diz respeito as empresas dedicadas a garantir a qualidade das obras que executam. Do mesmo modo que diversas atividades do processo de construção de uma edificação não caminham isoladamente, a segurança do trabalho também não funciona sozinha, mas, estruturada a uma série de fatores que garantam a organização, limpeza, produtividade, atenção e condições dignas de trabalho. Costa (2009) destaca que acidentes podem ser advindos de fatores pessoais ou mecânicos, que tenham provocado prejuízos associados ao patrimônio.

A identificação das ameaças permite que sejam adotadas medidas preventivas com intuito de evitar a ocorrência de possíveis perdas. Portanto, torna-se fundamental zelar pelo ambiente de trabalho e mantê-lo organizado para segurança e bem-estar de todos. É válido lembrar que as Normas foram criadas com o intuito de manter a padronização e controle das atividades, de modo a garantir a eficiência e segurança no trabalho a ser desempenhado. Para Costella (1999), o desrespeito às normas regulamentadoras é considerado uma infração grave que cabe pena, e deverá ser punida ou notificada. Muitas empresas deixam de cumprir algumas determinações legais, alegando que o investimento em medidas preventivas e em segurança do trabalho representam um alto custo.

Entretanto, Costella (1999) destaca que os investimentos em prevenção é a melhor opção, pois, ajuda na produtividade e além de ser menos oneroso comparado aos custos relacionados aos tratamentos e cura do acidentado. Segundo Moura (2017), é imprescindível fazer um planejamento das atividades a serem desenvolvidas pelos funcionários no setor construtivo e investir em treinamento pessoal, para que assim cada colaborador tenha consciência da importância de suas atividades e dos riscos envolvidos para que seja possível prevenir a ocorrência de acidentes.

Em concordância com Costella (1999), de modo a assegurar a eficiência na prevenção dos acidentes de trabalho por meio do programa de segurança e medicina do trabalho, é essencial levar em consideração alguns fatores como: disponibilidade e vigilância para utilização de EPIs; máquinas, ferramentas e equipamentos devem possuir proteção adequada deve haver implantação de sistema efetivo de inspeção e manutenção das máquinas, equipamentos e ferramentas de trabalho; estabelecer um sistema eficiente e eficaz para localização e eliminação de riscos; estabelecer um programa para manutenção da conscientização, interesse e colaboração dos trabalhadores; definir a programação das tarefas e serviços; realizar a investigação de acidentes, determinando as causas e tomar as medidas cabíveis, a fim de prevenir sua ocorrência.

Sousa (2017) realizou um estudo no município de Cacoal, onde foi abordado o tema Engenharia e Segurança do Trabalho em uma empresa no segmento de pré-moldados em concreto. Conforme descrito em seu estudo, a empresa possui um sistema eficiente de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho que atua na prevenção de agravos à saúde do trabalhador em suas atividades desenvolvidas. Sousa (2017) descreve que já houve acidentes na empresa, decorrentes de atos inseguros, desatenção no desempenho das funções, oriundos de problemas pessoais ou momentâneos no dia de trabalho vindo a ocorrer o sinistro.

Entretanto, Sousa (2017) salienta que a empresa desenvolve programas de prevenção de acidentes com a segurança do trabalho tendo como lema o fato de que as pessoas constituem seu principal bem. As medidas preventivas adotadas na empresa reduzem os

custos e diminuem a quantidade de sinistros ocorridos no trabalho, e conseqüentemente aumentam a produtividade com a qualidade de seus produtos e serviços, além de ser fundamental para estabelecer um padrão de qualidade de vida para os colaboradores.

3.1 Prevenção dos acidentes de trabalho

Para alguns autores a falta de uma abordagem mais precisa em relação à prevenção dos acidentes de trabalho acaba por impedir uma compreensão mais ampla do problema, dessa forma é preciso que todos os aspectos em torno dos acidentes de trabalho sejam analisados a fim de contribuir para a prevenção dos acidentes. Em contrapartida, instituições como Fundacentro, DRT, INSS, Ministério Público, sindicatos de trabalhadores apostam em ações sociais para preservar a saúde dos trabalhadores. Todas essas instituições têm demonstrado interesse na prevenção de acidentes, cada uma delas utilizando-se de alternativas tentam desenvolver formas de lidar com os acidentes de trabalho, entretanto, na prática apesar desse esforço tanto para implementar programas de prevenção como para compreender a origem desses problemas, o resultado dessas instituições não é animador (LIMA, 2013). No Brasil a inspeção do trabalho é feita de forma tripla por meio dos Comitês Permanentes Regionais, esses comitês são compostos de 3 a 5 representantes da Auditoria-Fiscal do Trabalho, dos empregadores e dos empregados, podendo haver representantes de entidades técnico-científicas ou de profissionais ligados ao setor econômico. Essa formação pretende alcançar maior aproximação com as exigências contidas nas normas regulamentadoras (NASCIMENTO; ALIM, 2018).

Os comitês permanentes regionais têm o compromisso de apresentar medidas para o controle e melhoria das condições de trabalho, a necessidade de aumento desse controle é medida por meio da coleta de dados acerca dos acidentes de trabalho, doença ocupacionais, e comprometimento das empresas. Vale salientar ainda a importância de apresentar campanhas de prevenção aos acidentes, incentivo ao debate com propósito de melhoria das normas regulamentadoras. O Comitê Permanente Nacional debate com base nas propostas apresentadas nos comitês regionais sobre a melhoria nas normas e encaminha as propostas aprovadas para o Ministério do Trabalho para que estas possam ser votadas e entrar em vigor, melhorando a vida do trabalhador. Dessa forma, a atuação da inspeção do trabalho é indispensável para a prevenção dos acidentes de trabalho, já que a partir dela as propostas serão enviadas para os comitês regionais e dependendo da aprovação, entrarão em vigor (NASCIMENTO; ALIM, 2018).

Apesar da existência de diversos sistemas para avaliação de risco, ainda não foram evidenciadas ferramentas que proporcionam uma avaliação global dos riscos contidos no canteiro de obras. Dessa forma, é essencial que a prevenção de riscos seja analisada por diversos pontos de vista. A princípio é necessário realizar um estudo acerca das condições de segurança e saúde desde a fase de projeto, após isso é necessário integrar esses resultados e aplicá-los no cotidiano devendo haver um envolvimento de todos os funcionários da construção, alertando-os para os procedimentos perigosos mais frequentes e elogiando as situações seguras de trabalho. Por fim, a etapa de prevenção de riscos ocupacionais deve ser estendida durante a fase de uso e manutenção da obra, visto que no âmbito do ciclo de vida do canteiro de obra requerem procedimentos preventivos. Por fim, a avaliação dos riscos deve ser estabelecida de acordo com as características de cada canteiro individualmente, uma vez que os riscos se modificam de acordo com o ambiente.

De acordo com Pinos et al. (2021) os principais parâmetros preventivos dizem respeito a segurança no trabalho, que visa prevenir acidentes de trabalho em que haja contato di-



reto entre o material e o trabalhador com consequências traumáticas. A higiene industrial, que avalia os riscos no ambiente de trabalho, sendo peça chave para a redução e controle da exposição a agentes químicos, biológicos e físicos por meio de planejamento preventivo. A ergonomia que estuda as condições de adaptação do trabalhador em locais de trabalho como uma máquina, um veículo, trabalho nas alturas. E por fim, a psicossociologia, visto que os riscos psicossociais são tão ou mais importantes que qualquer um dos riscos mais conhecidos ou clássicos, uma vez que são consequências de deficiências na concepção, organização e gestão do trabalho.

A indústria da construção civil é dinâmica e multifacetada, uma vez que cada obra é única, ocorre a interação entre diferentes profissionais, empresas, e visões que devem interagir para chegar ao denominador comum do projeto. Essa junção de peculiaridades torna o controle da segurança complexo e difícil. Outro ponto a ser levado em consideração são fatores que não podem ser controlados como chuva, ventos, altos níveis de radiação solar, gerando um ambiente de trabalho diversificado. A segurança está condicionada a aspectos modificáveis ao longo do tempo evidenciando assim a complexidade envolvida na prevenção dos acidentes de trabalho. É necessário incluir uma série de atividades focadas em monitorar e controlar os riscos ocupacionais, com a finalidade de execução segura do trabalho, para eliminar completamente os acidentes. Entretanto, apesar de todos os esforços a indústria da construção civil em todo o mundo é determinada por elevados indicadores de acidentes de trabalho.

Diante disso, é possível afirmar que a gestão de saúde e segurança na construção é fundamental para que haja um controle dos acidentes. Em relação à utilização de serviços de saúde por parte dos trabalhadores acidentados, são escassas as informações. Santana et al (2006) em seu estudo analisaram dados sobre o uso do Sistema Único de Saúde, foi evidenciado que existe uma grande diferença de oferta e acesso entre os estados do sudeste e nordeste do Brasil. Esse fato está presente em todas as categorias sociais, demonstrando a importante responsabilidade do SUS em relação a esses trabalhadores.

A Rede Nacional de Saúde do Trabalhador (RENAST) dentro do SUS tem como um de seus principais desafios a elaboração de sistemas locais de informação para acompanhar os impactos da construção civil no canteiro de obras. No passado os dados a respeito dos acidentes de trabalho eram de responsabilidade apenas do sistema da Previdência Social, que cobre apenas a população formal vinculada ao Seguro do Acidente de Trabalho (SAT), entretanto as taxas de subnotificação eram altíssimas comprometendo as informações e consequentemente a resolução deste problema (TAKAHASHI et al., 2012). Sendo assim, é possível afirmar que a RENAST em conjunto com o SAT, pode melhorar o levantamento de dados para que a quantidade de subnotificação diminua, e haja um planejamento de solução a partir desses dados corretos.

4. NORMAS REGULAMENTADORAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL E COLETIVOS

Conforme a NR-6 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI tem como objetivo de estacionar ou minimizar os efeitos de agentes agressivos contra o corpo do trabalhador, evitando agravos a sua saúde (NR 6, 2010). Sendo as seguintes responsabilidades do empregador,; a distribuição gratuita do equipamento apropriado para cada função e risco no qual o operário esteja exposto; fornecer treinamento adequado ao uso; proceder ao controle do preenchimento da ficha de EPI onde deve constar: descrição dos equipamentos

entregues, data de recebimento, Certificado de Aprovação (CA) pelo órgão nacional competente (Ministério do Trabalho e Emprego- MTE) e assinatura de termo de compromisso, cabendo ao colaborador usar o EPI e conservá-lo. A NR-6 estabelece as obrigações do empregador e empregado, possui uma listagem dos tipos de equipamentos de proteção individual empregados em atividades da construção civil e descreve suas finalidades.

EPI para proteger a cabeça a NR-6 evidencia que a proteção da cabeça é feita através do uso de capacetes, capuz ou bala clave. Sendo utilizados em obras de pequeno porte apenas os que protegem o crânio contra impactos. O EPI para proteção dos olhos e face em concordância com a NR-6 é necessário fazer a proteção dos olhos e rosto com a utilização de óculos, protetor facial e máscara de solda em determinadas atividades que ofereçam grande risco de impactos de partículas e luminosidade intensa. Conforme Ramos (2009), existe uma variedade de óculos de proteção para cada atividade específica de acordo com o grau de risco que o trabalhador ficará exposto. Os óculos de proteção para risco simples são equipamentos utilizados com o intuito de evitar acidentes como, por exemplo, a perfuração dos olhos e o contato com agentes químicos.

Em concordância com as orientações da NR, a forma correta de proteger a face é através do uso de protetor facial contra os impactos de partículas; protetor facial para proteger a face contra radiação infravermelha; protetor facial para proteger os olhos contra as luzes intensas; protetor facial para proteger a face contra riscos de origem térmica; protetor facial para proteger a face contra radiação solar. Em atividades do setor construtivo, é comum o uso de protetores faciais para garantir a proteção do rosto contra radiação solar, máscara protetora contra poeiras, máscara semifacial com filtro para vapores orgânicos, máscara de solda e os óculos. Pois, a construção civil engloba as atividades de carpintaria e de serralharia, principalmente quando se trata de obras de grande porte que necessitam ter em seu quadro essas atividades (CISZ, 2015). EPI para proteção auditiva em concordância com a NR-6 os EPI's para proteção auditiva dividem-se em três tipos: circum-auricular; inserção e semi-auricular para assegurar a proteção do sistema auditivo contra os níveis de pressão sonora superior ao previsto na NR-15. Os protetores auriculares são equipamentos utilizados para maior proteção dos colaboradores que ficam expostos a locais com ruído elevado. Estes equipamentos devem estar sempre limpos, sendo necessária sua substituição para higienização mensal ou conforme a periodicidade de utilização (CISZ, 2015).

EPI para proteção respiratória segundo a NR 6, os equipamentos para proteção respiratória são classificados em: respirador purificador de ar não motorizado; respirador purificador de ar motorizado, respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido; e o Respirador de fuga. De acordo com Martins (2018), os equipamentos de proteção respiratória são fundamentais para proteger os colaboradores contra gases tóxicos, poeiras, vapores e partículas, ajudando a evitar possíveis doenças ocupacionais. A NR-6 evidencia a importância da utilização do respirador, cada tipo de respirador é ideal para determinada função, devendo ser ajustável ao rosto para impedir a passagem de impurezas.

É fundamental que todos os equipamentos de proteção possuam o Certificado de Aprovação (CA) emitido por órgão competente. Além disso, máscaras descartáveis não devem ser reutilizadas. É imprescindível realizar a desinfecção de máscaras reutilizáveis e fazer a higienização correta dos EPI's. Os EPI para proteção dos membros inferiores a NR-6 descreve que esses equipamentos de proteção são classificados como: calçado para proteger os pés contra impacto de objetos, agentes oriundos de energia elétrica, agentes térmicos e cortantes; calçados para proteger as pernas e pés contra umidade oriunda de atividades com utilização de água e produtos químicos.

O Equipamento de Proteção Coletiva, são sistemas ou dispositivos que possuem a



finalidade de proteção coletiva, seu principal objetivo é zelar pela saúde e integridade física, dos trabalhadores e também de terceiros. No Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), as normas que dizem respeito a utilização de equipamentos de proteção coletiva são as NR 4 e NR 9 (BRASIL, 2017). Em concordância com FUNDACENTRO (2014), os EPCs envolvem uma quantidade variada de equipamentos, e suas funções abrangem desde a ventilação e exaustão de ambientes de trabalho até plataformas de segurança para trabalhos em altura.

A Norma Regulamentadora – 8 é rica em informações. O fato de a mesma ser sucinta no teor de seu conteúdo é uma norma completa e precisa que versa sobre o tema Edificações. Estabelece requisitos técnicos mínimos que devem ser observados nas edificações, para garantir segurança e conforto aos que nelas trabalhem. (BRASIL, 2011). Os pontos trazidos pela NR – 8 apresentam cunho relativamente simples, porém não menos importante que as demais, pois apresenta um conteúdo mínimo e indispensável que deve ser seguido no ato da Construção, como aspectos de pé direito; pisos; tipo de revestimento; ventilação natural e artificial, iluminação, pois tudo isso pode influenciar diretamente na qualidade e conforto do colaborador.

A altura do pé direito é uma das recomendações a serem seguidas, não sendo especificada a altura precisa, mas devendo a mesma seguir critérios de legislações municipais, assim como questões relacionadas à altura e revestimento do teto, buscando desta forma influenciar o conforto dos trabalhadores. Paralelamente a esta, o conteúdo da norma aborda sobre as condições preventivas relacionadas a pisos e paredes, orientando sobre corredores, rampas e escadas nos ambientes de trabalho e sobre a necessidade de prevenir quedas em casos que o canteiro de obras apresenta andares acima do solo. O piso e revestimento precisam ser laváveis e livres de desnivelamento para que as pessoas possam circular corretamente.

4.1 Norma regulamentadora NR-7, NR-9 e NR-18

A norma regulamentadora NR- 7 que estabelece o programa de controle médico de saúde ocupacional tem o objetivo de preservar a saúde dos empregados em relação aos riscos ocupacionais, no presente texto essa norma não foi citada por nenhum dos participantes. Já a norma Regulamentadora NR- 9 programa de prevenção de riscos ambientais visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação, avaliação de controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, determina os requisitos para a avaliação das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos. Santana et al (2006) descreve ainda os tipos de risco relacionados a acidentes de trabalho, sendo eles Riscos Físicos que envolvem calor, frio, umidade, ruído, vibração, radiações ionizantes e não ionizantes.

Riscos Químicos que abarcam agentes que interagem com tecidos humanos e podem penetrar no organismo pelo contato com a pele, sendo eles ingestão e inalação de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases e vapores. Riscos Biológicos que abrangem os patógenos que podem entrar no corpo humano por vias cutânea, digestiva e respiratória, sendo eles os vírus, bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários. Riscos Ergonômicos que se relacionam com a adaptação entre as peculiaridades psicofisiológicas do trabalhador e as condições de trabalho como organização das etapas de trabalho e do ambiente laboral (LIMA, 2013).

De acordo com Ministério do Trabalho e Previdência a Norma Regulamentadora NR-18 determina condições de trabalho na indústria da construção, estabelece as diretrizes de

planejamento para implementar medidas de controle dos acidentes e sistemas de segurança no ambiente da indústria da construção. Essa norma sofreu diversas melhorias ao longo dos anos, a principal foi NR-18.3 Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT), determina a introdução de novas ferramentas de controle e gestão no canteiro de obras. Este programa deve ser elaborado por um profissional habilitado legalmente na área de segurança do trabalho. A NR-18 condições de trabalho na indústria da construção associada às normas regulamentadoras NR- 7 (programa de controle médico de saúde ocupacional) e NR- 9 (programa de prevenção de riscos ambientais), acabaram por se aliar atuando no controle de riscos ambientais no âmbito da construção civil (BRASIL, 2020). No presente estudo as normas regulamentadoras NR-18 foi a mais citada pelos entrevistados, entretanto, a NR- 18.3, a NR-7 e NR-9 não foi citada por nenhum dos entrevistados.

A NR- 35 aborda sobre condições relacionadas ao trabalho nas alturas. Esta norma é um dos pontos fundamentais em um canteiro de obras, pois como abordado anteriormente, o condicionamento estrutural e de conhecimento especializado dado trabalhador, direciona para que o projeto seja executado com excelência. Este fato, deve-se a boa qualificação das pessoas que contribuem de forma apta a seguir os requisitos necessários para a prática de suas atividades, assim, observa-se um cenário propício a garantias de êxito em uma construção (FERREIRA, 2020). A referida norma se aplica a vastas situações de trabalho que sejam executados a partir de dois metros de altura em relação ao nível inferior ou que envolva riscos de queda. Por seu conteúdo ser criterioso e complexo foi cuidadosamente elaborada no tocante a qualidade e possibilidades que podem vir surgir em uma edificação, sendo aptos a executar essa atividade o trabalhador devidamente treinado e que foi submetido e aprovado em treinamento, teórico e prático, com carga horária mínima de oito horas. De acordo com disposto na normativa a responsabilidade para executar esse trabalho nas alturas não compete apenas ao empregado ou empregador. É uma relação mútua que necessita da colaboração de ambas as partes para ser executado (FERREIRA, 2020).

4.2 Norma regulamentadora NR - 35

A NR - 35 aborda sobre condições relacionadas ao trabalho nas alturas. Esta norma é um dos pontos fundamentais em um canteiro de obras, pois como abordado anteriormente, o condicionamento estrutural e de conhecimento especializado dado trabalhador, direciona para que o projeto seja executado com excelência. Este fato, deve-se a boa qualificação das pessoas que contribuem de forma apta a seguir os requisitos necessários para a prática de suas atividades, assim, observa-se um cenário propício a garantias de êxito em uma construção. A referida norma se aplica a vastas situações de trabalho que sejam executados a partir de dois metros de altura em relação ao nível inferior ou que envolva riscos de queda (PERREIRA, 2020). Por seu conteúdo ser criterioso e complexo foi cuidadosamente elaborada no tocante a qualidade e possibilidades que podem vir surgir em uma edificação, sendo aptos a executar essa atividade o trabalhador devidamente treinado e que foi submetido e aprovado em treinamento, teórico e prático, com carga horária mínima de oito horas. De acordo com disposto na normativa a responsabilidade para executar esse trabalho nas alturas não compete apenas ao empregado ou empregador. É uma relação mútua que necessita da colaboração de ambas as partes para ser executado.

A execução do trabalho em altura requer treinamento, planejamento, saber quais os equipamentos de proteção são recomendados para uso, tanto de uso individual, quanto coletivo e como agir em situações emergenciais. Todo e qualquer serviço ou reparo que

evolver situações de altura, deve ser realizado por trabalhador qualificado, que vivenciou o planejamento teórico e prático, devendo o mesmo passar por constantes atualizações. Todo trabalho em altura deve ser precedido de análise de risco. Antes de começar o isolamento e sinalização da área a autorização dos indivíduos e pontos de ancoragem devem ser minuciosamente analisados, devendo aqueles que ali estão e supervisor garantir que não haja situações de impedimentos para a realização daquele trabalho (FERREIRA, 2020). A autorização de atividades não rotineiras deve ser supervisionada, avaliada e aprovada por profissionais qualificados em segurança, devendo haver a emissão de três vias que obrigatoriamente apresente requisitos mínimos para condições de trabalho, as medidas de análise de risco, a relação dos envolvidos e suas autorizações.

O responsável deverá assinar documento com validade igual a duração da atividade. É importante ainda observar o sistema de fixação, que deverá ser avaliado por profissional legalmente habilitado, devendo ser avaliado previamente e condicionado ao peso do trabalhador que vai utilizar. Os pontos de ancoragem definitivos devem ser identificados quanto a carga máxima, devendo os cálculos utilizados para aquela conclusão, serem fundamentalmente justificados. Todo equipamento de prevenção deverá ser conferido, não podendo deixar dúvidas sobre a segurança do mesmo, seguindo as normas de orientação do fabricante; o cinto deverá ser do tipo paraquedista, ter dispositivo trava quedas e estar ligado ao cabo de segurança (PERREIRA, 2020).

A NR - 35 prevê ainda, que a empresa deverá estar preparada para atender qualquer possível acidente. E para isso deve ter métodos de resgate padronizados e adequados as suas atividades, pois no caso de ocorrer um acidente no local de trabalho, os presentes possam prestar ao trabalhador os primeiros socorros caso seja necessário. Lembrando que o da essa preparação que antecede a execução do trabalho em altura, deve estar disposta no plano de risco, assim como possíveis soluções prévias que possam amenizar acidentes oriundo daquelas atividades propostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança e a saúde do trabalho na área da construção civil dependem principalmente de normas regulamentadoras. As Normas Regulamentadoras (NR) são artifícios que pressupõe medidas para proteção e preservação da saúde do trabalhador. Essas 3 normas são obrigatórias tanto para empresas privadas, quanto públicas e pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), assim como órgãos públicos de administração direta e indireta.

Com base em Brasil (2021), é possível afirmar que as principais normas regulamentadoras empregadas no âmbito da construção civil são a NR-4 (Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho); NR-5 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA)); NR-6 (Equipamentos de Proteção Individual); NR-8 (Edificações); NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade); NR-12 (Máquinas e Equipamentos); NR-17 (Ergonomia); NR-18 (Programa de Condições de Meio Ambiente de trabalho na Indústria da Construção (PCMAT)); NR-35 (Trabalho em altura). A norma regulamentadora número 18 é difundida como uma das mais importantes normas empregadas no canteiro de obra, este regulamento pretende estabelecer medidas de controle nos sistemas de prevenção de segurança e saúde do trabalho voltados para a indústria da construção civil.

De acordo com a última atualização da NR 18 publicada no site da Secretaria do Trabalho no ano de 2020, ela tem o objetivo de estabelecer diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que visam à execução de medidas de controle e sis-

temas preventivos de segurança nos processos, e no ambiente de trabalho da construção civil (BRASIL, 2020). A ocorrência de acidentes acaba por trazer diversas consequências, não só para o trabalhador, como também, para obra no geral, provocando uma diminuição na produção do andamento da obra.

A solução para que os acidentes de trabalho sejam evitados, é o desenvolvimento de práticas de segurança e saúde do trabalho, tendo em vista que as funções legais sempre são consequências naturais da evolução do ambiente. Levando em consideração a importância da segurança, é válido ressaltar que a qualidade de uma empresa está atrelada a sua eficiência e aos recursos humanos de seus trabalhadores. Ao encontro desse fato, têm-se os consumidores que cada vez mais optam por empresas que inspiram segurança no seu ambiente de trabalho. A qualidade se tornou fator crucial numa decisão de compra e, constitui grande diferencial de uma empresa em relação à outra. As empresas parecem estar despertando para a realidade de que a qualidade é uma exigência da qual não podem fugir.

Portanto, assim as empresas que levam a segurança do trabalho a sério, apresentam uma tendência a mostrar preocupação com as leis e o comprometimento com a qualidade do serviço prestado, evoluindo assim com a pretensão de cuidar do seu público interno. É possível afirmar que quando um ambiente de trabalho se torna confortável e seguro para os operários, há um aumento na produtividade destes e redução na incidência de vários tipos diferentes de acidentes. De acordo com Sampaio (1998), Equipamentos de Proteção Individual (EPI) são dispositivos que possuem o intuito de proteger a integridade física do profissional, oferecendo segurança na realização de suas funções. Entretanto, esses equipamentos devem ser utilizados de forma correta para que possam proporcionar proteção concreta aos indivíduos. Além disso, é válido salientar que a incorreta utilização desses materiais afeta diretamente sua capacidade de preservação, cabendo ao profissional utilizá-lo de maneira correta.

Referências

BRASIL. Ministério da Previdência Social. **Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT**. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm. Acesso em 02 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-10 atualizada 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em: 14 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-12 atualizada 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-12-nr-12>. Acesso em: 14 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-17 atualizada 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 14 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-18 atualizada 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-18-nr-18>. Acesso em: 14 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-35 atualizada 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-35-nr-35>. Acesso em: 14 maio. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-4 atualizada em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-4-nr-4>. Acesso em: 01 jun. 2022.



BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-5 atualizada em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-5-nr-5>. Acesso em: 01 jun. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-6 atualizada em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-6-nr-6>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-7 atualizada em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-7-nr-7>. Acesso em: 03 jun. 2022.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Previdência**. NR-8 atualizada em 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaosespecificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normaregulamentadora-no-8-nr-8>. Acesso em: 01 jun. 2022.

CISZ, Cleiton Rodrigo. **CONSCIENTIZAÇÃO DO USO DE EPI'S, QUANTO À SEGURANÇA PESSOAL E COLETIVA**. 2015. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

COSTA, Analice Trindade. **Indicadores de Acidentes de Trabalho em Obras da Construção Civil no Brasil e na Bahia**. 2009. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2009.

COSTELLA, Marcelo Fabiano. **Análise dos acidentes de trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade da construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997**. 1999.

DALCUL, A. L. P.C. **Estratégia de Prevenção de Acidentes de trabalho na construção civil**. Editora Rideel, 2001.

FERREIRA, L. M. **Gestão da saúde e segurança do trabalho na construção civil**. Entrepreneurship, v.4, n.2, p.43-51, 2020.

JUNOR, A. M. S. **Manual de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho**. Editora Rideel, 2017.

KESTER, Leandro Valkinir. **AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE GESTÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO: estudo comparativo entre duas cerâmicas vermelhas da região leste de Rondônia**. 2015. 89 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, Fundação Universidade Federal de Rondônia - Unir Campus Francisco Gonçalves Quiles, Cacoal, 2015.

LIMA, Jonas Luckemeyer. **Avaliação em trabalho com andaime suspenso da conformidade com a NR35 em obra de construção civil vertical**. 2013, p.18 – 22.

MACHADO, Daniela Bastian. **Segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso**. 2015. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MARTINS, Sérgio Gabriel Benedicto Franco. **Estudo de caso da utilização de EPI em obras de pequeno e médio porte da construção civil na cidade de Anápolis**. 2018. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, UNIEVANGÉLICA, Anápolis, 2018.

MENDES, Márcio Roberto Azevedo. **Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura**. TCC. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2013.

MIKIEWSKI, Diogo Henrique. **Trabalhos em altura: prevenção e proteção para um bem comum**. TCC. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2012.

MOURA, Larissa Maria Galvão Rodrigues. **Construção Civil e Segurança do Trabalho: um estudo de caso em obras da Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. 2017. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

NASCIMENTO, F. C.; SALIM, C. A. Política de prevenção de acidentes na construção civil: Uma análise das práticas da inspeção do trabalho. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho**, 18(1), 299-305, 2018.

NETO, Nestor Waldhelm. **História da Segurança do trabalho**. Editora Rideel, 2017.

NETO, Nestor Waldhelm. **O que é EPI – Equipamento de Proteção Individual**. Editora Rideel, 2012.

NR – NORMA REGULAMENTADORA. **NR 6. Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**. 2010.

OLIVEIRA, Pedro H. V. A Importância da Segurança do Trabalho na Construção Civil. Rev. **ECHNOENG**; ISSN:

2178-3586, 12ª Edição, Jan – Jul de 2012.

PEREIRA, J. C. Segurança do trabalho em altura: um estudo de caso sobre os principais acidentes. Centro de ensino superior dos campos gerais – CESCAGE, **Rev. ECHNOENG**; ISSN: 2178-3586, 21ª Edição, Jan – Jul de 2020.

PESSOA, Lucineide. Leite. Riscos de acidente de trabalho na construção civil. **Revista Jus Navigandi**, Teresina, ano 19, n. 3871, 5 fev.2014.

PINOS, J. et al. **Análise do índice de acidentes na engenharia civil: mudanças que a indústria**. Anápolis: Unievangélica, 2021.

RODRIGUES, R. C. **SEGURANÇA DO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**: Estudo de Caso sobre EPI'S e EPC'S em um canteiro de obras, em PALMAS, TO. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins, 2016.

ROQUE, Alexandre Rogério. **Prevenção de acidente nos trabalhos em altura**. Instituto Federal Paraná, Curitiba, 2011.

ROTHSTEIN, André Felipe. **As Transformações no Mundo do Trabalho no Limiar do Século XXI nos Países do G7**. 2008. 84 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SANTANA, Vilma Sousa et al. A utilização de serviços de saúde por acidentados de trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 32, p. 135-144, 2006.

SENA, C. G. O. **A Importância da Segurança do Trabalho na Construção Civil**. TCC, Publicação ENC. PF-001A/07, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica - Campus Ceres, GO, 18p. 2019.

SILVA, Adriano Anderson Rodrigues da. **SEGURANÇA NO TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**: uma revisão bibliográfica. **Revista Pensar Engenharia**, Belo Horizonte-MG, v. 1, n. 1, p. 1-18, jan. 2015.

SILVEIRA, C. A. et al. Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares. Rem: **Rev. Esc. Minas, Ouro Preto**, v. 58, n. 1, p. 39-44, mar. 2005.

SOUSA, Monique da Silva de. **A Engenharia de Segurança do Trabalho em uma Empresa de Cacoal**: empresa no segmento de pré-moldados em concreto. 2017. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção, Fundação Universidade Federal de Rondônia – Unir Campus Francisco Gonçalves QuilesCacoal, Cacoal, 2017.

TAKAHASHI, M. A. B. C. et al. **Precarização do Trabalho e Risco de Acidentes na construção civil**: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT). *Saúde e Sociedade*, v. 21, n. 4, p. 976-988, 2012.

ZIMMERMANN, Danilo Rodrigo. **Análise Da Necessidade da Implementação de Treinamento de Segurança do Trabalho como Sistema de Integração de Trabalhadores em Atividades de Construção Civil**. 2013. 44 f. Monografia (Especialização) - Curso de PósGraduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ufpr, Curitiba, 2013.

52

A PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA AS INDÚSTRIAS

*CLEANER PRODUCTION AS AN ENVIRONMENTAL
MANAGEMENT TOOL FOR INDUSTRIES*

Jailson Dyan Pinho Dias

Mirian Nunes de Carvalho Nunes

Thiago Santana de Oliveira

Resumo

Atualmente muitas empresas ainda não incorporaram práticas de Gestão Ambiental e suas ferramentas, e em se tratando de pequenas indústrias, se torna mais preocupante geração de resíduos em nosso país, pois é muito grande, gerando tanto um custo na produção de produtos e um custo para a destinação desses resíduos, além do enorme impacto ao meio ambiente e toda uma sociedade. Nesse contexto, este Trabalho Final de Curso visou estudar como a Produção Mais Limpa (P+L), a importância da sua utilização, seus benefícios, eficiência no processo e redução dos impactos ambientais causados pela geração de resíduos. Para tanto, realizou-se um estudo sobre a implantação desta metodologia nos processos produtivos das indústrias, com visão ambiental e qualidade nos processos, utilizando-se como instrumento metodológico uma revisão de literatura buscando em livros, monografias, teses e artigos, de diversas áreas que falem sobre produção mais limpa, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, com a finalidade de reunir conhecimentos sobre esses temas tão importantes para toda uma sociedade. A partir dos estudos obtidos, foram identificados os conceitos de meio ambiente, impacto ambiental e desenvolvimento sustentável, a situação da gestão ambiental e a gestão ambiental empresarial, a produção mais limpa, seus conceitos e abordagens realizadas por pesquisadores e estudiosos sobre a temática e a interpretação da produção mais limpa como ferramenta de gestão ambiental para a indústria. Observou-se que, a produção mais limpa é uma produção eficiente na redução ao máximo dos desperdícios, dos resíduos gerados durante o processo produtivo e dos impactos causados ao meio ambiente. Tendo como resultado deste estudo, uma explicação sucinta da metodologia da produção mais limpa no processo produtivo e as consequentes melhorias geradas por esse método nas indústrias, sendo base para estudos futuros sobre a temática.

Palavras-chave: Meio ambiente, Impactos ambientais, Desenvolvimento sustentável, Gestão ambiental, Produção mais limpa.

Abstract

Currently, many companies have not yet incorporated environmental management practices and their tools, and in the case of small industries, the generation of waste in our country becomes more worrying, as it is very large, generating both a cost in the production of products and a cost for the disposal of this waste, in addition to the enormous impact on the environment and society as a whole. In this context, this final course work aimed to study how cleaner production (p+l), the importance of its use, its benefits, process efficiency and reduction of environmental impacts caused by waste generation. to this end, a study was carried out on the implementation of this methodology in the productive processes of industries, with an environmental vision and quality in the processes, using a literature review as a methodological instrument, searching in books, monographs, theses and articles, from different areas that talk about cleaner production, the environment and sustainable development, with the purpose of gathering knowledge about these topics that are so important for an entire society. from the studies obtained, the concepts of environment, environmental impact and sustainable development were identified, the situation of environmental management and corporate environmental management, cleaner production, its concepts and approaches carried out by researchers and scholars on the subject and the interpretation of cleaner production as an environmental management tool for industry. it was observed that the cleaner production is an efficient production in the maximum reduction of waste, waste generated during the production process and the impacts caused to the environment. as a result of this study, a brief explanation of the methodology of cleaner production in the production process and



the consequent improvements generated by this method in industries, being the basis for future studies on the subject.

Keywords: Environment, Environmental Impacts, Sustainable Development, Environmental management, Cleaner production.

1. INTRODUÇÃO

A Produção da Mais Limpa é uma parte do processo de Gestão Ambiental, muito importante como ferramenta para melhorar os processos, produtos e serviços de uma empresa, reduzindo assim os impactos sobre o meio ambiente com eficiência no processo e a redução do impacto ambiental causado pela geração de resíduos dentro das indústrias.

Esse tema além de atual é extremamente relevante, pois muitas empresas ainda não incorporaram práticas de Gestão Ambiental e suas ferramentas, e em se tratando de pequenas indústrias, se torna mais preocupante geração de resíduos em nosso país, pois ainda é muito grande, gerando tanto um custo na produção de produtos e um custo para a destinação desses resíduos, além do enorme impacto ao meio ambiente e toda uma sociedade. Espera-se obter com este estudo que a visão de administradores, que ainda não entendem o papel da indústria na sociedade e no meio ambiente mude, com ações, pesquisas e investimentos em tecnologias para realizar processos mais limpo dentro das indústrias, gerando menos resíduos.

Além de fomentar estudos sobre a implantação desta metodologia por engenheiros de produção, nos processos produtivos de uma empresa, com visão ambiental e qualidade nos processos.

Durante o curso de graduação em Engenharia de Produção e desenvolvimento dos estudos acadêmicos foram estudados os conceitos, a origem e o processo de implantação da Produção Mais Limpa, despertando assim o interesse por essa ferramenta da Gestão Ambiental e sua aplicação em uma empresa, com uma visão crítica dos processos produtivos, dos materiais, dos insumos, tratamento de resíduos, custos, investimentos e ainda dos aspectos ligados à questão ambiental empresarial.

Dentro do vasto campo de formação proporcionado pelo curso de Engenharia de Produção, surgiu várias questões e busca de um maior conhecimento de como melhorar os processos e reduzir os impactos ambientais causados pela geração de resíduos dentro das indústrias?

Objetivou-se estudar a importância da utilização da produção mais limpa na indústria, seus benefícios, eficiência no processo e redução dos impactos ambientais causados pela geração de resíduos, além de que, em estudo percebe-se a exigência no mercado futuro como fator de competição industrial. O presente trabalho tem como objetivos descrever os conceitos de meio ambiente, impacto ambiental e a gestão ambiental e a gestão ambiental empresarial, compreender a produção mais limpa, seus conceitos e abordagens realizadas por pesquisadores e estudioso sobre a temática, interpretar a produção mais limpa como ferramenta de gestão ambiental para a indústria.

A pesquisa do tema A Produção Mais Limpa como Ferramenta de Gestão Ambiental para a Indústria, foi feita por meio de uma revisão de literatura buscando em livros, monografias, teses e artigos, de diversas áreas que falem sobre produção mais limpa, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, com a finalidade de reunir conhecimentos sobre esses temas tão importantes para toda uma sociedade. Na base de dados científicos

selecionados para estudo e elaboração deste TCC, dentre outras obras que qualificam e são embasamento teórico, para tal construção de conhecimento. As palavras-chaves na busca foram: Meio ambiente, impactos ambientais, desenvolvimento sustentável, gestão empresarial, produção mais limpa.

2. A GESTÃO AMBIENTAL E A GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL

Os conceitos de natureza, ecologia, ou até mesmo ecossistema se entrelaçam com algumas definições de meio ambiente. Assim sendo, e levando em consideração a complexidade dos seus elementos constituintes, bem como das relações estabelecidas.

Portanto, para definir e compreender o termo Meio Ambiente é necessário considerá-lo com um conjunto de elementos, favoráveis ou desfavoráveis, que cercam os seres vivos. Buscando na origem da palavra ambiente. De acordo com Barbieri (2004), o prefixo latino *ambi* dá a ideia de “ao redor de algo” ou de “ambos os lados”. O verbo latino *ambio*, *ambiere* significa “andar em volta ou em torno de alguma coisa”. Assim, as palavras meio e ambiente apresentam-se com sentidos semelhantes, com a ideia de entorno de algo, de modo que a expressão meio ambiente encerra numa redundância. Onde é considerado, o que envolve os seres vivos e as coisas ou o que está ao seu redor é o Planeta Terra com todos os seus elementos.

A definição descritiva de meio ambiente apresentada por Coimbra (2002), no qual define o meio ambiente como um conjunto de elementos abióticos (físicos e químicos) e bióticos (flora e fauna), que são organizados em diferentes ecossistemas naturais e sociais, num processo de interação, à preservação dos recursos naturais e das características essenciais do entorno, dentro das leis da Natureza e de padrões de qualidade definidos.

A produção industrial em grande escala tem sido um importante fator, que estimula a exploração dos recursos naturais e aumenta a quantidade de resíduos. Os recursos naturais e a economia interagem de modo bastante evidente, uma vez que algo é recurso na medida em que sua exploração é economicamente viável. De acordo com Leff (2003), no projeto científico da modernidade forja-se uma ciência econômica em um ideal mecanicista, nas leis cegas do mercado que têm determinado a economização do mundo e o predomínio da razão instrumental sobre as leis da natureza e os sentidos da cultura, desembocando na crise ambiental. Devido à importância do meio ambiente para a própria existência humana, a questão ambiental surge no cenário político, científico e educativo como um dos problemas mais importantes do mundo atual. Portanto, a educação ambiental é cada vez mais importante, com intuito de promover a reflexão, novas mentalidades e habilidades, capazes de resolver os problemas ambientais, abrindo caminho para um futuro sustentável, equitativo e democrático. Numa visão profunda do contexto ambiental, Leff (2003) afirma que o saber ambiental nasce de uma nova ética e de uma nova epistemologia, na qual se fundem conhecimentos, se projetam valores e se internalizam saberes.

O impacto ambiental é compreendido como a alteração no meio, em seus componentes e um desequilíbrio resultante da ação ou atividade humana sobre o meio ambiente. Essa definição da expressão impacto ambiental só surgiu precisamente nos anos de 1970 e 1980, quando alguns países perceberam a necessidade de estabelecer diretrizes e definir critérios que avaliassem os efeitos das intervenções humanas no meio ambiente.

Conforme o no art. 1º da Res. 1, de 23 de janeiro de 1986 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, considerando impacto ambiental:



Art 1º Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais (CONAMA,1986).

Nesse sentido, é de suma importância avaliar com antecedência o impacto ambiental causado por qualquer tipo de atividade, servindo de suporte para o planejamento das atividades que interferem danosamente no meio ambiente, e em especial as indústrias, devido aos processos e insumos utilizado. E acompanhar a antecipação de atos normativos a fatores supervenientes, pois as atividades humanas são diversas, e a cada dia são criados produtos, serviços, novos projetos industriais, fazendo com que o órgão ambiental tenha cautela em ponderar as questões, no que diz respeito a atividade econômica, a proteção do meio ambiente e a saúde humana.

Na preservação ambiental, adota-se o critério de intocabilidade da natureza e do ecossistema pelo homem, o aproveitamento controlado dos bens e recursos que constituem o ecossistema, que permitam sua recomposição, de forma induzida ou inteiramente natural.

A questão ambiental e os impactos representam os maiores problemas atuais que a sociedade enfrenta, e torna-se urgente o debate, o planejamento e a organização das atividades econômicas por um desenvolvimento que esteja preocupado com o meio ambiente saudável, a qualidade de vida e com o futuro. E a superação dos problemas perpassa por uma educação ambiental, fiscalização dos entes federativos, mudanças na concepção de mundo, de natureza, de poder, de bem-estar, tendo por base a construção de novos valores individuais e sociais.

Grün (1994) consolidou a postura antropocêntrica, situando o homem no centro da natureza e da sociedade consumista de recursos naturais, capitais e bens. Portanto, dentre as consequências ocorridas, vem à preocupação ambiental, a degradação excessiva do meio ambiente e a depleção exagerada de recursos naturais que tem chamado a atenção em todo o mundo, com isso o meio ambiente vem atraindo cada vez mais atenção e interesse. Nesse sentido, os impactos ambientais nas gerações atuais e seus reflexos fizeram com que a questão ambiental atravessasse fronteiras e se tornasse globalizada.

Com essa preocupação globalizada, a Organização das Nações Unidas (ONU), através de sua Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio Ambiente (CMMAD), publicou em 1987 o relatório Nosso Futuro Comum. Neste relatório foi definido o conceito de desenvolvimento sustentável: “Atender às necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades”. Esse documento já fazia um alerta para a necessidade de as nações unirem-se na busca de alternativas para os rumos vigentes do desenvolvimento, a fim de evitar a degradação neste nível atual. Afirmava que o crescimento econômico sem melhorar a qualidade de vida das pessoas e das sociedades não poderia ser considerado desenvolvimento. De forma paralela, o relatório também mostrava que seria possível alcançar um maior desenvolvimento sem destruir os recursos naturais, conciliando crescimento econômico com conservação ambiental. O documento ainda criticava o modelo adotado pelos países desenvolvidos e defendia um novo tipo de desenvolvimento, capaz de manter o progresso em todo o planeta e de, no longo prazo, partilhá-lo entre países em desenvolvimento e subdesenvolvidos (UFRGS, 2002).

Nesse sentido, diversos processos e estudos foram e continuam sendo desenvolvidos para capturar, tratar e dispor os poluentes, bem como para usar recursos e insumos de modo mais eficiente, reaproveitar e fazer até a aplicação da logística reversa, podendo-se

dizer que os esforços de toda sociedade para conscientizar e controlar os problemas ambientais constitui um dos capítulos mais importantes da história da ciência e da tecnologia. Contudo, perpassa por questões de ordem política, econômica, social e cultural, que fazem parte de toda sociedade e em determinados momentos e situações são entraves para enfrentar os problemas ambientais por meio de uma gestão ambiental e empresarial.

A Gestão Ambiental, é um conjunto de ações, diretrizes e atividades administrativas e operacionais de aspecto funcional da gestão de uma empresa que desenvolve e implanta políticas ambientais por meio de planejamento adequados, direcionamento das atividades, controle, aquisição de recursos com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, reduzir os danos ou problemas causados pelas ações humanas ou até mesmo evitando que eles surjam.

No que diz respeito a gestão ambiental empresarial, alguns autores fazem abordagens importantes sobre essa integração da gestão ambiental com a empresarial, buscado enfatizar o crescente número de empresas preocupadas com o gerenciamento dos assuntos pertinentes ao meio ambiente e os impactos oriundos das próprias empresas. Por meio da implantação de sistemas de gestão ambiental, investimento em ações para um desenvolvimento sustentável, estudos sobre ciclo de vida dos produtos, análise e acompanhamento de processos, controle e tratamento de resíduos e consumo de recursos naturais.

Essa integração da gestão ambiental e empresarial vai permitir as empresas adoção de mudanças de postura, criação de uma identidade no mercado produtivo e no mercado consumidor, com destaque na atividade que está inserida, com confiabilidade aos processos realizados pela mesma e a devida preocupação ambiental.

De acordo com Barbieri (2004), as preocupações ambientais das empresas sofrem influências de três grandes conjuntos de forças que se interagem reciprocamente: o governo, a sociedade e o mercado, ou seja as tais questões de ordem política, econômica, social e cultural anteriormente citadas, que fazem parte de toda sociedade e em determinados momentos e situações são entraves para enfrentar os problemas ambientais.

As empresas recebem pressões dos agentes governo, sociedade e mercado, mas também influencia o meio, seja pela poluição, degradação e geração de resíduos, seja pela adoção de medidas de controle, qualidade, processos sustentáveis e promoção ambiental. Esse sistema é dinâmico e sinérgico, o que dificulta que se defina: qual é a força de ação e qual a força de reação.

As empresas podem criar e implantar seu próprio modelo de gestão ambiental que vão orientar as decisões sobre o produto, tipo de matérias primas que vão adquirir, estratégias de vendas, comercialização, lidar com as questões de ordem política, econômica, social e cultural e os problemas ambientais da instituição. De acordo com Kraemer (2004), a implantação de um sistema de gestão ambiental poderá ser solução para uma empresa que pretende melhorar a sua posição em relação ao meio ambiente. O comprometimento hoje exigido às empresas com a preservação ambiental obriga mudanças profundas na sua filosofia, com implicações diretas nos valores empresariais, estratégias, objetivos, produtos e programas.

Em se tratando de Gestão ambiental, a mesma pode ser aplicada por empresas de qualquer tamanho e qualquer ramo. Pois, atitudes como a redução do consumo de energia, de resíduos, de água ou o incentivo ao uso de produtos recicláveis ou retornáveis e a qualidade nos processos, podem ser planejados e aplicados em qualquer tipo de empresa. Mas, são as pequenas empresas que mais sofrem problemas na implantação de SGA, devido ao custo e ao direcionamento por parte dos recursos humanos da empresa para a implantação de acordo com a (ISO 14000, 2004).



Para Kramer (2004), se a pequena empresa está interligada a grandes clientes que exigem de seus fornecedores um SGA, ou essas empresas tem sua produção voltada à exportação e revenda, então torna-se inevitável a implantação de um SGA, pois, a imposição das instituições, do mercado, dos consumidores é maior por uma adesão a um sistema de gestão sustentáveis, que melhore sua imagem perante o mercado, tenha um produto diferenciado e de credibilidade perante o meio ambiente, com uma certificação amplamente aceita, como o “selo verde”, que identifica essa característica entre os outros produtos do mercado. E o uso de ferramentas adequadas para administração ambiental de uma organização.

O Sistema de Gestão Ambiental possibilita benefícios nos âmbitos da saúde e segurança, ambiente, social e qualidade. Sabe-se que a Gestão ambiental pertence ao Sistema de Gestão Integrado (SGI), que se implantado em uma instituição gera ainda mais benefícios, pois, integra todos os processos da empresa no sistema de gestão e gera resultados para os setores. Os principais benefícios de ordem ambiental são: Redução de desperdícios, de multas, de acidentes, de impactos negativos, organização interna, maior controle sobre o desempenho das operações, conscientização dos colaboradores, investimento em recursos para instalação de controles, treinamentos, sistemas de monitoramento, dentre outros que possibilitam a produção mais limpa nas indústrias.

Várias ferramentas de Gestão Ambiental têm sido desenvolvidas segmentos produtivos, como estratégias para alcançar a mesma capacidade funcional dos produtos atuais, com a utilização de menos recursos, o que pode proporcionar ganhos de competitividade e sustentabilidade às empresas.

Para Robles Junior e Bonelli (2006), A Gestão ambiental consiste num conjunto de medidas, ferramentas e procedimentos definidos e adequadamente aplicados, que visam a reduzir e controlar os impactos introduzidos por um empreendimento sobre o meio ambiente. Em outras palavras, é uma forma de encaminhar a solução de conflitos no uso dos recursos naturais pela humanidade, promover mudanças no ambiente natural, com vistas a adaptá-lo às necessidades humanas, gerando um desenvolvimento sustentável.

3. A PRODUÇÃO MAIS LIMPA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL PARA AS INDÚSTRIAS

Diversos termos surgiram para definir o conceito de Produção mais Limpa (*Cleaner Production*) e vários têm sido empregados mundialmente para definir um mesmo conceito. Como advém da própria definição de P+L – “aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva, integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente” (PNUMA, 2005).

O diferencial entre cada nível de aplicação da produção mais limpa é a passagem de ações remediativas, visando à transformação dos resíduos gerados pelos processos produtivos, de forma a facilitar sua disposição no meio ambiente, para atitudes preventivas, com vistas à eliminação ou minimização das perdas dos processos produtivos antes da sua formação, isto é, a atuação na fonte dos problemas.

A Figura 2 apresenta as diferentes estratégias de P+L estão em formato de organograma, agrupando em níveis diferenciados de eficiência de aplicação da P+L, com base no fato de que os resíduos podem ter sua origem por falta de qualificação profissional, uso de tecnologias ultrapassadas, uso de recursos não-renováveis, na escassez de recursos financeiros, na produção de produtos composição duradora e ou tóxica e principalmente pela

ausência de princípios da gestão ambiental.

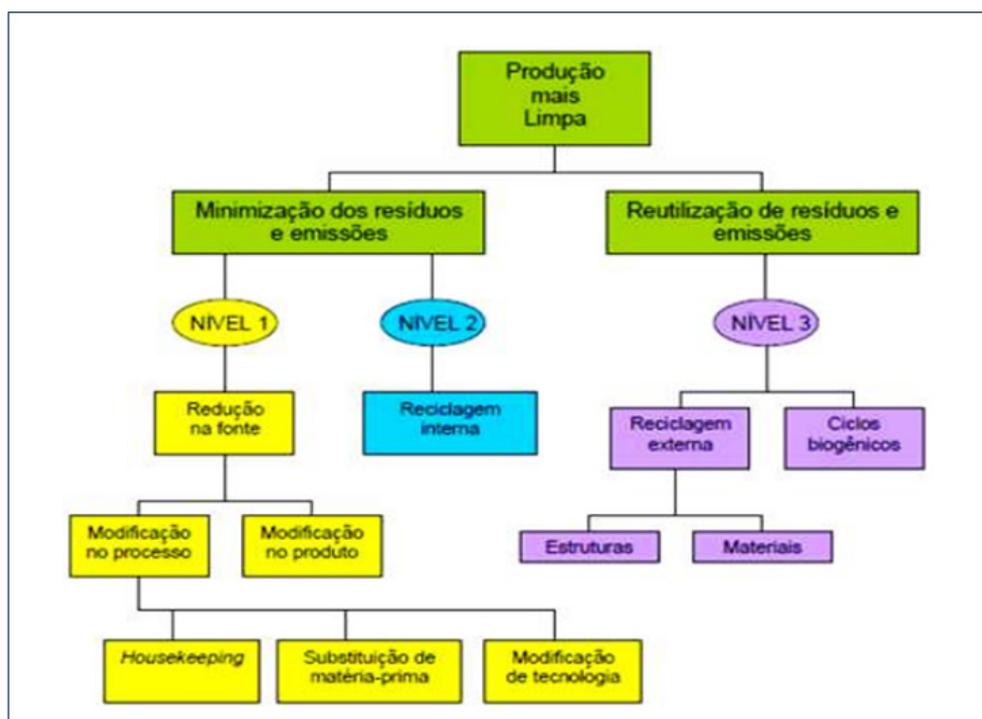


Figura 2. Organograma da produção mais limpa

Fonte :CNTL,2010.

Como CNTL (2010) explica, a prioridade da P+L é da esquerda para a direita do fluxograma: começando por evitar a geração de resíduos e emissões (nível 1). Os resíduos que não podem ser evitados devem ser reaproveitados no processo de produção da empresa (nível 2). Na sua impossibilidade, medidas de reciclagem fora da empresa podem ser utilizadas (nível 3).

O fluxograma poderá ser utilizado como referência para análise das oportunidades identificadas para cada causa de geração de resíduo. Iniciando a análise no Nível 1. Caso não fique demonstrado sua viabilidade, passe para o Nível 2. Se a solução também não for viável, examine o Nível 3. Além desses, outros pontos devem ser avaliados para identificar oportunidades. Pode-se, por exemplo, observar o fluxo dos resíduos e produtos semi-acabados do processo, evitar o retrabalho de produtos, qualidade, saúde, segurança, tempos de produção e procedimentos organizacionais.

Esses diferentes níveis da Produção Mais Limpas são importantes durante a implementação, pois, envolve alterações de produtos, processos para minimização de resíduos e emissões, as emissões e resíduos gerados devem ser reutilizados e/ou reciclados internamente e acontece quando houver emissão e/ou resíduo gerado que não pode ser tratado internamente, tendo como alternativa a reciclagem externa, caso o material gerado não tenha como ser tratado nem externamente, deve-se então dar um destino em local seguro e adequado para o material em questão.

A comparação entre controle da poluição e produção mais limpa demonstrou diferença nas atitudes, pois no processo controle de poluição os poluentes são controlados por filtros e métodos de tratamento de lixo, os avanços ambientais são considerados fatores de custos pelas empresas, os desafios para avanços ambientais devem ser administrados por peritos ambientais, avanços ambientais são obtidos como técnicas e tecnologia, me-

didadas de avanços ambientais devem obedecer aos padrões definidos pelas autoridades e qualidade é definida como atender as necessidades dos usuários. Já a Produção mais Limpa possibilita que os poluentes são evitados na origem, através de medidas integradas, poluição e rejeitos são considerados recursos potenciais e podem ser transformados em subprodutos, desafios para avanços ambientais devem ser de responsabilidade geral da empresa, avanços ambientais incluem abordagens técnicas e gestão, medidas de desenvolvimento ambiental devem ser um processo de trabalho contínuo visando a padrões elevados e a qualidade significa a produção de bens que atendam às necessidades dos usuários e tenham impactos mínimos sobre a saúde e o ambiente.

Lemos (1998) aponta que a aplicação dessa metodologia proporciona melhorias tangíveis e intangíveis às organizações por meio de inovações tecnológicas de processos e produtos, vantagens comerciais, redução de encargos ambientais, melhoria na imagem da empresa e nas condições de trabalho, além do aumento da ecoeficiência da empresa. Com isso, a prática da P+L inserida nas indústrias oferece a elas desenvolvimento sustentável, maior competitividade e seu fortalecimento no mercado com respeito pelo meio ambiente.

Para usufruir dos princípios que a P+L pode proporcionar, as empresas precisam seguir uma metodologia de implementação do programa, que foi desenvolvida pela Rede Brasileira de Produção Mais Limpa (PMAISL, 2009), “com base no estado-da-arte do conhecimento europeu sobre gestão de resíduos e desperdícios energéticos e materiais” (KIPERSTOK et al., 2002). Ela está dividida em cinco etapas: Planejamento e organização: convencimento da alta direção e sensibilização dos colaboradores, Pré-avaliação e diagnóstico: seleção do foco para a fase de avaliação, Avaliação: desenvolvimento de um conjunto amplo de opções de P+L e identificação de opções que possam ser implementadas imediatamente ou que necessitem de análises adicionais mais detalhadas, Estudo da viabilidade: subsídio de dados econômicos e análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental, Implementação e plano de continuidade: implementação das opções selecionadas e aprovadas e garantia de continuidade.

Essa metodologia de implementação do programa inclui a avaliação do processo produtivo e a aplicação de técnicas de P+L, que são definidas por Kiperstok et al. (2002) como alternativas apresentadas no âmbito de um programa de P+L para atingir o objetivo de tornar a atividade produtiva cada vez menos danosa ao meio ambiente. Elas consistem em uma série de medidas que podem ser implementadas na empresa, compreendendo desde a substituição de matéria-prima/insumo, consumo de água e energia, tecnologia/processo, aplicação de boas práticas operacionais, reciclagem interna e externa, até mesmo a mudança do próprio produto.

O quadro 1 contém a metodologia para a implantação da PMAISL, as empresas podem atuar no seu processo produtivo e usufruir, bem como proporcionar, muitos benefícios para a empresa, comunidade local, para os responsáveis pelo controle ambiental e para o meio ambiente, evitar a geração de passivo ambiental e de custos ambientais, o que é do interesse da empresa, reduzir os impactos ambientais, o que interessa aos órgãos ambientais e à sociedade.

| AS METODOLOGIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE PMAISL | |
|---|--|
| 1. Comprometimento da direção da empresa | O comprometimento explícito do dono da empresa, da direção da empresa e da alta gerência é fundamental para a realização do trabalho. |
| 2. Sensibilização dos funcionários | Comunique a todos os funcionários sobre a realização do programa na Empresa, dizendo-lhes que esse trabalho terá total apoio da direção. Então: 1. Reúna todos os funcionários; 2. Informe sobre o programa que será desenvolvido na Empresa; 3. Expresse claramente sua vontade de que todos participem, colaborando sempre que solicitados; 4. Antecipe que, em alguns momentos, poderá ser necessário haver um grande empenho dos funcionários, mas que isso é fundamental para a saúde financeira da Empresa e para a manutenção dos postos de trabalho; 5. Estabeleça os prazos para que as tarefas sejam realizadas e diga-lhes que haverá um responsável para cada uma. |
| 3. Formação do ECOTIME | O segundo passo é a identificação do ECOTIME: são os funcionários que conhecem a Empresa mais profundamente e/ou que são responsáveis por áreas importantes, como produção, compras, meio ambiente, qualidade, saúde e segurança, desenvolvimento de produtos, manutenção e vendas. O ECOTIME será formado por um funcionário de cada setor. Se um mesmo funcionário desenvolver mais de uma atividade, ou se sua Empresa for de pequeno porte, escolha dois ou três funcionários- "chave". Eles serão o ECOTIME. Se existe um para cada função, esses funcionários, mais a direção da Empresa, formarão o ECOTIME. Essas pessoas serão responsáveis por repassar a metodologia aos demais colegas e fazer acontecer sua implementação na Empresa. Identifique um coordenador para o ECOTIME, o qual terá a responsabilidade de mantê-lo informado sobre o desenvolvimento das atividades. |
| 4. Apresentação da metodologia | Nesta etapa, inicia-se uma série de reuniões técnicas com o ECOTIME, com a finalidade de apresentar os objetivos de cada etapa da metodologia e como atingi-los. |
| 5. Pré-avaliação | O trabalho de PMAISL pode ser realizado qualquer que seja a situação ambiental de sua Empresa. Da área externa Comece o trabalho pedindo aos integrantes do ECOTIME que caminhem pela área externa da Empresa para que possam observar e tomar consciência de todos os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas que são gerados. Peça-lhes que observem os impactos ambientais causados pela Empresa e como os resíduos se apresentam dentro das "lixeiros": se misturados ou separados. Essas observações serão importantes nas etapas seguintes. |
| 6. Elaboração dos fluxogramas | Feita a visita de reconhecimento na fábrica, reúna os integrantes do ECOTIME e peça que elaborem os Fluxogramas Qualitativos. O fluxograma é uma representação gráfica de todos os passos de um processo e do modo como estão relacionados entre si. O ECOTIME deverá identificar o tipo de fluxograma que melhor representa o processo. Poderá ser um Fluxograma de Processo Linear ou de Rede. |
| 7. Tabelas quantitativas | O objetivo dessa etapa é a obtenção de dados e informações que estão registrados em notas de compras de matérias-primas, de material de escritório, de produtos químicos, de alimentos (no caso de refeitório) e em contas de água e notas de quantidades de resíduos transportados, as quais poderão estar na Empresa ou com o contado. |
| 8. Definição de indicadores | Agora a empresa tem muitos dados gerados. Eles são a base para do trabalho. Está na hora de definir os indicadores que poderão ser utilizados para monitorar a Empresa. |

| | |
|--|---|
| <p>9.Avaliação dos dados coletados</p> | <p>Preenchidas as tabelas com os valores quantitativos, chegou o momento da primeira análise para definir onde serão realizadas as medições efetivas, isto é, aquelas que serão utilizadas no Balanço Específico (que será mostrado mais adiante) e que deverão ter grande precisão.</p> <p>Análise crítica das informações obtidas, enfocando:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Quantidades e toxicidade dos resíduos gerados e das matérias-primas consumidas; · Regulamentos legais que devem ser cumpridos para utilização e disposição dos materiais e resíduos; · Custos envolvidos: de compra, tratamento e relativos a possíveis punições do órgão ambiental. |
| <p>10.Barreiras</p> | <p>Aqui poderão surgir algumas barreiras relativas ao levantamento dos dados. Valores altos de resíduos gerados e de consumo de materiais podem causar desconforto aos responsáveis pelas áreas avaliadas. Encare essas informações como parte de um trabalho novo e não se preocupe em identificar, nesse momento, responsáveis pela geração dos resíduos.</p> <p>Barreiras que poderão ser encontradas durante o trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ecotime teve dificuldade de executar as medições; · Dificuldades de envolvimento efetivo da Empresa com a proposta de trabalho; · O Ecotime teve dificuldade de assimilar os conceitos e a metodologia de PmaisL; · Dificuldade de conseguir os equipamentos de medição (balanças |
| <p>11.Seleção do foco de avaliação e priorização</p> | <p>Com base na análise anterior e na disponibilidade de recursos financeiros da Empresa, você e sua equipe definirão as etapas, processos, produtos e/ou equipamentos que serão priorizados para as efetivas medições e realização dos balanços de massa e/ou energia</p> |
| <p>12.Balanços de massa e de energia</p> | <p>Definidos os pontos críticos das medições, planeje a realização do balanço de massa e/ou de energia.</p> |
| <p>13.Avaliação das causas de geração dos resíduos</p> | <p>Feito o balanço de massa nas etapas e/ou setores priorizados, o ECOTIME deverá avaliar as causas da geração de CADA resíduo identificado. Perguntem-se: POR QUE? COMO? QUANDO? ONDE? os resíduos são/foram gerados.</p> |
| <p>14.Geração das opções de PmaisL</p> | <p>Depois de realizadas todas as medições e de ter discutido com o ECOTIME as causas de geração dos resíduos (no exemplo que estamos estudando, as causas da geração de retalhos de aço), identificar oportunidades de mudar essa situação, ou seja, opções de produção mais limpa para deixar de gerar o resíduo.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>15.Avaliação técnica, ambiental e econômica</p> | <p>Identificar diversas oportunidades de Produção mais Limpa. Agora deverão proceder à avaliação técnica, econômica e ambiental de cada opção identificada.</p> <p><u>Avaliação técnica</u></p> <p>Nessa avaliação são consideradas as propriedades e requisitos que as matérias-primas e outros materiais devem apresentar para o produto que se deseja fabricar, de maneira que se possam sugerir modificações.</p> <p>Sendo possível tecnicamente implementar-se a opção, procede-se à avaliação ambiental.</p> <p><u>Avaliação ambiental</u></p> <p>Nesta avaliação deverão ser observados os benefícios ambientais que poderão ser obtidos pela empresa.</p> <p>Dentre eles, podemos citar: redução do consumo de MP (kg de MP/ano); redução de carga orgânica (mg de DBO/l), inorgânica e metais tóxicos (mg de metal/l) no efluente final; e modificação da classificação dos resíduos sólidos (da Classe I, para II ou III).</p> <p>Esses resultados são medidos e comprovados por meio da realização de análises laboratoriais. Para isso, você deverá buscar o auxílio de um laboratório que realize análises laboratoriais ambientais.</p> <p><u>Avaliação econômica</u></p> <p>Por fim, será realizada a avaliação econômica, através de um estudo de viabilidade econômica. Deverá ser considerado o período de retorno do investimento, a taxa interna de retorno e o valor presente líquido.</p> |
| <p>16.Seleção da opção</p> | <p>Feita a avaliação das diversas opções identificadas para a redução do resíduo, escolhe-se aquela que apresente a melhor condição técnica, com os maiores benefícios ambientais e econômicos.</p> |
| <p>17.Implementação</p> | <p>Chegou um momento de extrema importância para a empresa e seus funcionários.</p> <p>. Tente implementar as opções mais simples e de menor custo, com certeza elas são a maioria em sua Empresa</p> |
| <p>8.Plano de monitoramento e continuidade</p> | <p>Implementadas as opções, a empresa deverá estabelecer um Plano de Monitoramento para a avaliação do seu desempenho ambiental. Esse Plano consta de análises laboratoriais de metais e de carga orgânica, medições e documentação para acompanhamento do Programa. Destina-se a manter, acompanhar e dar continuidade ao Programa. Os indicadores estabelecidos no início do trabalho e medidos na realização dos balanços serão as ferramentas para o acompanhamento para manter em a Empresa.</p> |

Quadro 1. As metodologias para a implantação de pmaisl

FONTE: Adaptado de CNTL, 2003.

No que diz respeito as vantagens e benefícios podemos citar no âmbito da empresa a redução de custos (matérias primas e insumos diversos, energia, água, gestão de resíduos e infrações ambientais), aumento de produtividade e competitividade, melhoria da imagem corporativa(mercado e pública), reforço para manutenção e conquista de clientes importantes ou estratégicos, diminuição de riscos ambientais e seguros mais baratos, melhor relacionamento com os órgãos ambientais e entornos, melhoria das condições de SST.



Para a comunidade do entorno e de mercado as vantagens são bem perceptíveis redução nos problemas de saúde advindos do lançamento de resíduos ao meio ambiente, redução da toxicidade dos produtos, melhoria da conscientização ambiental, redução de possíveis incômodos e divergências com a organização devido à emissão de poluentes ao meio ambiente.

Para os responsáveis pelo controle ambiental os benefícios da implementação da produção mais limpa vão impactar no aumento da eficiência das ações de controle, pela concentração de tempo e esforços em outras áreas, melhoria da imagem pública da organização de controle com a comunidade, aumento na confiabilidade das ações de controle, inúmeras vantagens com a redução e ou eliminação de poluentes para o ar, água e solo e seus impactos, melhor conservação dos recursos, preservação dos problemas ambientais, redução de acidentes ambientais.

A produção mais limpa proporciona ganhos significativos, reduções nos impactos ambientais e a adoção generalizada de ações em prol do desenvolvimento sustentável. Conforme CNTL 2003, identifica uma série de barreiras potenciais que podem impedir ou retardar a adoção de Produção mais limpa em empresas, que são:

| BARREIRAS | SUB-CATEGORIAS |
|--------------------|--|
| 1. CONCEITUAIS | <ul style="list-style-type: none"> • Indiferença: falta de percepção do potencial papel positivo da empresa na solução dos problemas ambientais • Interpretação limitada ou incorreta do conceito de Produção mais Limpa • Resistência à mudança |
| 2. ORGANIZACIONAIS | <ul style="list-style-type: none"> • Falta de liderança interna para questões ambientais • Percepção pelos gerentes do esforço e risco relacionados à implementação de um programa de Produção mais Limpa (falta de incentivos para participação no programa e possibilidade de revelação dos erros operacionais existentes) • Abrangência limitada das ações ambientais dentro da empresa • Estrutura organizacional inadequada e sistema de informação incompleto • Experiência limitada com o envolvimento dos empregados em projetos da empresa |
| 3. TÉCNICAS | <ul style="list-style-type: none"> • Ausência de uma base operacional sólida (com práticas de produção bem estabelecidas, manutenção preventiva, etc.) • Complexidade da Produção mais Limpa (necessidade de empreender uma avaliação extensa e profunda para identificação de oportunidades de Produção mais Limpa) • Acesso limitado à informação técnica mais adequada à empresa bem como desconhecimento da capacidade de assimilação destas técnicas pela empresa |
| 4. ECONÔMICAS | <ul style="list-style-type: none"> • Investimentos em Produção mais Limpa não são rentáveis quando comparados a outras alternativas de investimento • Desconhecimento do montante real dos custos ambientais da empresa • Alocação incorreta dos custos ambientais aos setores onde são gerados |
| 5. FINANCEIRAS | <ul style="list-style-type: none"> • Alto custo do capital externo para investimentos em tecnologias • Falta de linhas de financiamento e mecanismos específicos de incentivo para investimentos em Produção mais Limpa • Percepção incorreta de que investimentos em Produção mais Limpa representam um risco financeiro alto devido à natureza inovadora destes projetos |
| 6. POLÍTICAS | <ul style="list-style-type: none"> • Foco insuficiente em Produção mais Limpa nas estratégias ambiental, tecnológica, comercial e de desenvolvimento industrial • Desenvolvimento insuficiente da estrutura de política ambiental, incluindo a falta de aplicação das políticas existentes |

Quadro 2. Barreiras à implementação de ações de produção mais limpa

Fonte: CNTL, 2003.

Em resumo o quadro 2 apresenta a P+L e as barreiras em todas as esferas do sistema econômico e social, mas se faz necessária para o desenvolvimento sustentável de acordo com a contextualização de Barros (2005), a Produção Mais Limpa é uma notável ferramenta para implementação da mudança para uma nova cultura empresarial, voltada para a sustentabilidade e inovação, largamente aplicada em diversos países em desenvolvimento, foi adaptada a realidade das empresas brasileiras, dando ênfase às questões organizacionais, comportamentais, às medições dos balanços de massa e energia necessários para a qualificação e quantificação das perdas do processo produtivo e, ainda, os aspectos vinculados com a segurança e saúde ocupacional, dentro dos mais modernos princípios da Responsabilidade Social Corporativa.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constatou-se que a aplicação da ferramenta de produção mais limpa, é de extrema importância na indústria, pois consiste na redução dos impactos ambientais, otimização da produção, redução dos custos operacionais durante os processos produtivos, preservação do meio ambiente e construção de um desenvolvimento sustentável. Contudo, para que essa metodologia seja implementada nas indústrias, requer uma revolução em sua gestão empresarial, ampliação da visão ambiental, mudança comportamental desde o nível tático ao operacional das empresas ou indústrias e criação de várias estratégias, considerando as metas ambientais, econômicas e tecnológicas da empresa, pois os investimentos apresentados durante a implantação do método P+L estão diretamente ligados ao seu progresso industrial e mercadológico.

A Produção Mais Limpa deve considerar todas as etapas de um processo de manufatura ou o ciclo de vida de um produto para que se possa minimizar, o consumo de energia, o consumo de matéria prima, a geração de resíduos e de emissões, a redução de custos (matérias primas e insumos diversos, energia, água, gestão de resíduos e infrações ambientais), aumento de produtividade e competitividade, melhoria da imagem corporativa (mercado e pública), reforço para manutenção e conquista de clientes importantes ou estratégicos, diminuição de riscos ambientais e seguros mais baratos, melhor relacionamento com os órgãos ambientais e entornos, melhoria das condições de SST

O estudo concluiu que a utilização da metodologia da Produção Mais Limpa ligada a um Sistema de Gestão Ambiental é uma poderosa ferramenta para as indústrias, independentemente do ramo de atividade e o porte dela, que visa melhoria de seus processos internos, seus produtos, seus serviços, fomenta inovações, melhora sua imagem da indústria perante os consumidores, reduz custos, reduz acidentes e torna a instituição mais competitiva e com diferenciais no mercado produtivo ou consumidor. Então, denota-se que o objetivo principal da pesquisa em estudar a importância da utilização da produção mais limpa na indústria, seus benefícios, eficiência no processo e redução dos impactos ambientais causados pela geração de resíduos, descrever os conceitos de meio ambiente, impacto ambiental e a gestão ambiental e a gestão ambiental empresarial, compreender a produção mais limpa, seus conceitos e abordagens realizadas por pesquisadores e estudioso sobre a temática, interpretar a produção mais limpa como ferramenta de gestão ambiental para a indústria, foi alcançado por meio de uma revisão de literatura buscando em livros, monografias, teses e artigos, de diversas áreas que falem sobre produção mais limpa, meio ambiente e desenvolvimento sustentável, com a finalidade de reunir conhecimentos sobre esses temas tão importantes para toda uma sociedade. Considera-se para futuras amarrações a essa pesquisa, uma continuidade a análise exploratória confluindo os assuntos que foram demonstrados estar correlacionados, que vai do Sistema de Gestão



Ambiental, Produção Mais Limpa. Seguindo o princípio da melhoria contínua, cabe as instituições, gestores, entes federativos e toda sociedade, continuar na busca por processos cada vez mais limpos e tecnologias inovadoras, que promovam o bem-estar ambiental, saúde aos seres humanos e um desenvolvimento sustentável, capaz de preservar o meio ambiente garantindo a qualidade de vida das futuras gerações.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: **Sistemas da gestão ambiental** – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, dez. 2004.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceito, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2004
- BARBIERI, J. C., **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2. Ed. Atual e ampliada – São Paulo: Saraiva, 2007.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio ambiente (2005). Resolução 001, de 23 de janeiro de 1986.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N°. 001, de 1986. **Brasília: Diário Oficial da União de 17 de fevereiro de 1986**. _____. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente, Saúde. Brasília, 1997.
- CNTL – **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Centro Nacional de Tecnologias Limpas, SENAI. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/documentos/implementacao-de-programas-de-producao-mais-limpa>. Acesso em: 18 outubro. 2022.
- DIAS, R., **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. Ed. –São Paulo: Atlas, 2011.
- DIAZ, C. A. P.; PIRES, S. R. I.. **Produção Mais Limpa: Integrando Meio Ambiente e Produtividade**. RACRE – Rev. Adm. CREUPI, Espírito Santo do Pinhal – SP, v. 05, n. 09, jan/dez. 2005.
- DULLEY, R. D. **Noção de natureza, ambiente, recursos ambientais e recursos naturais**. Agric. São Paulo. São Paulo, v. 51, n. 2, p. 15-26, jul./dez. 2004. Disponível em: Acesso em: 24 set. 2022.
- GRÜN, M. **Um discurso sobre valores éticos em educação ambiental**: Educação e realidade. v. 19, n. 2, p.171- 95, jul./dez,1994
- GUELERE FILHO, A.; PIGOSSO, D. C. A.. Ecodesign: Métodos e Ferramentas. In: PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. (org.). **Ferramentas de Gestão Ambiental: Competitividade e Sustentabilidade**. Natal: Editora do CE-FET-RN, 2008.
- GUERRA, S., **Resíduos sólidos: comentários à Lei 12.305/2010** / Sidney Guerra. – Rio de Janeiro: Forense, 2012.
- KRAEMER, Maria Elizabeth Pereira. **Gestão Ambiental: Um enfoque no desenvolvimento sustentável**, 2004, Disponível em, (consulta: Setembro/2022).
- KIPERSTOK, A.; COELHO, A.; TORRES, E. A.; MEIRA, C. C.; BRADLEY, S. P.; ROSEN, M.. **Prevenção da Poluição**. Programa SENAI Educação a Distância: Tecnologias e Gestão Ambiental. Brasília: SENAI/DN, 2002.
- KÜRZINGER, E.. **Capacity building for profitable environmental management**. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 3, p. 237-248, 2004.
- LEFF, Enrique (Coord.). et al. **A Complexidade Ambiental**. Trad. Eliete Wolff. São Paulo: Cortez, 2003.
- LEMONS, A. D. C. A **Produção mais Limpa como geradora de inovação e competitividade: o caso da fazenda cerro do tigre**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Administração, UFRGS. Porto Alegre, 1998. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/2011>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- MOURA, L. A. A.. Qualidade e Gestão Ambiental: Sugestões para Implantação das Normas ISO 14.000 nas Empresas. 2. ed. – São Paulo: Ed. Juarez de Oliveira, 2000.
- NETO, G. C. O., Filho, M. G., Ganga, G. M. D., Irenilza, A. N., Vendrametto, **O Princípios e ferramentas da produção mais limpa: um estudo exploratório em empresas brasileiras**. Gest. Prod., São Carlos, v. 22, n. 2, p. 326-344, 2015.
- NOGUEIRA, L. A. H. e CAPAZ, R. S., **Ciências ambientais para engenharia**, 1.Ed.– Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

OMETTO, A.; TACHARD, A. L.. Gestão Ambiental do Ciclo de Vida do Produto: A Ferramenta “Avaliação do Ciclo de Vida”. In: PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. (org.). **Ferramentas de Gestão Ambiental: Competitividade e Sustentabilidade**. Natal: Editora do CEFET-RN, 2008.

PHILIPPI JUNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. (edit.). **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004 – Coleção Ambiental;

PMAISL – **Rede Brasileira de Produção Mais Limpa**. Relatório de 10 Anos de Parceria do Convênio CEBDS/SEBRAE. Rio de Janeiro: PMAISL, 2009.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Relatório sobre Produção Mais Limpa e Consumo Sustentável na América Latina e Caribe**. São Paulo: CETESB, 2005. PORTAL Estrada do Coco. Bahia Atrai Novos Pólos Sucroalcooleiros. Disponível em: . Acesso em: outubro de 2022

ROBLES JUNIOR, A.; BONELLI, V. V.. **Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente: Enfoque Econômico, Financeiro e Patrimonial**. São Paulo: Atlas, 2006.

RODRIGUES, D. A.; ALMEIDA, L. S. T. (coord.). **Competitividade da Indústria Paulista: Propostas de Políticas**. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2008.

SENAI.RS. **Implementação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/ UNIDO/INEP, 2003. 4

Série Manuais de Produção Mais Limpa - **Questões Ambientais e Produção Mais Limpa** | Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI - 2003. Disponível em:100 de outubro, 2022.

TOLMASQUIM, M. T. **Perspectivas e planejamento energético no Brasil**. Revista Estudos Avançados, São Paulo, v. 26, n. 74. 2012.

VENANZI, D. C.; MORIS, V. A. S. **Produção mais Limpa: estudo sobre as empresas fabricantes de componentes automotivos localizadas na cidade de Sorocaba-SP**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, v. 8, n. 1, p. 119-132, 2013.

Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos, Confederação Nacional da Indústria – CNI, 2014. Disponível em: https://bucket-gw-cni-static-cmssi.s3.amazonaws.com/media/filer_public/b5/a9/48f33ea/visao_da_industria_brasileira_sobre_a_gestao_dos_residuos_solidos.pdf. Acesso em: 3 nov. 2022.

Engenharia Química



53

GERENCIAMENTO DO PROCESSO INDUSTRIAL NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

*MANAGEMENT OF THE INDUSTRIAL PROCESS IN BEER
PRODUCTION*

Iveline Claudia Marques Santos

Gleidison Andrade Costa

Resumo

Nas últimas décadas, a crescente demanda pela cerveja tem despertado em seus consumidores a busca por informações de seu processo de fabricação, colocando a indústria cervejeira a produzir um produto com alto padrão de qualidade. O processo de produção industrial foi modificado ao longo dos tempos, sendo incorporado várias metodologias, tendo como finalidade um maior controle da fabricação e da gestão de suas etapas. Dessa forma, o objetivo geral foi discutir sobre como é realizada a gestão da produção da cerveja. Já o tipo de pesquisa realizada foi uma Revisão Narrativa da Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, Biblioteca Virtual de Saúde, Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde e PubMed. Mediante aos achados científicos da presente pesquisa se visualizou que a gestão da qualidade na indústria cervejeira tem melhorado em variados aspectos das operações realizadas dentro e fora da cervejaria. Para encontrar a ferramenta certa que possa cobrir a maioria das áreas de uma cervejaria, sugere-se uma abordagem do gerenciamento produção industrial da cerveja que abarque a importância em conhecer as análises e as reações que ocorrem no processo de produção e, desenvolver a capacidade de criar estratégias no momento da fabricação.

Palavras-chave: Produção, Cerveja industrial, Gestão de processo.

Abstract

In recent decades, the growing demand for beer has awakened in its consumers the search for information on its manufacturing process, pushing the brewing industry to produce a product with a high quality standard. The industrial production process has been modified over time, incorporating various methodologies, with the aim of greater control of manufacturing and the management of its stages. In this way, the general objective was to discuss how the management of beer production is carried out. The type of research carried out was a Narrative Literature Review, in which books, dissertations and selected scientific articles were consulted through a search in the following databases: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), Ministry of Science, Technology, Innovations and Communications, Virtual Health Library, Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences and PubMed. Through the scientific findings of this research, it was visualized that quality management in the brewing industry has improved in various aspects of the operations carried out inside and outside the brewery. To find the right tool that can cover most areas of a brewery, we suggest an approach to industrial beer production management that embraces the importance of knowing the analyzes and reactions that occur in the production process and, developing the ability to create strategies at the time of manufacture.

Keywords: Production, Industrial beer, Process management.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a crescente demanda pela cerveja tem despertado em seus consumidores a busca por informações de seu processo de fabricação, colocando a indústria cervejeira a produzir um produto padrão e de qualidade. O processo de produção industrial foi modificado ao longo dos tempos, sendo incorporado várias metodologias e padrões, tendo como finalidade um maior controle da fabricação.

Os arquivos sobre a fabricação da cerveja são abrangentes em relação as etapas do processo. Esse detalhamento é fundamental para um melhor controle da produção, possibilitando a fabricação de um produto padrão característico de determinado tipo de cerveja, pois ter domínio sobre as reações químicas que ocorrem nas etapas é um desafio para a indústria. Isso leva o cervejeiro a desenvolver mecanismos para evitar possíveis contaminações e utilizar das formas de gerenciamento da produção para aprimorar o processo.

Quanto à importância em descrever as análises e as reações que ocorrem no processo de produção e, analisar o gerenciamento que aprimora os resultados, este trabalho permitirá ao leitor interessado na temática a desenvolver a capacidade de criar estratégias no momento da fabricação, devido ao conhecimento das etapas e, conseqüentemente, ter um maior controle, gerando um produto de qualidade e padronizado.

Vale mencionar que as cervejas são caracterizadas por terem um processo de fabricação longo e dividido em muitas etapas, sendo que cada fase é fundamental para adquirir um produto de qualidade e padronizado. Alguns dos desafios encontrados pela indústria foram compreender a produção da cerveja, pois são várias etapas e obter o domínio das reações químicas do processo é um desafio. Dessa forma, o problema de pesquisa aqui investigado foi: como o gerenciamento efetivo do processo de produção da cerveja pode melhorar a qualidade do produto? Já o objetivo geral foi discutir sobre como é realizada a gestão da produção da cerveja; enquanto os objetivos específicos foram: (I) demonstrar o processo de produção da cerveja, (II) identificar os procedimentos de gerenciamento de qualidade nas empresas, e (III) analisar os desafios existentes no gerenciamento da fabricação da cerveja na perspectiva do desenvolvimento e da otimização do processo.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão Narrativa da Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: “Biblioteca de Ciência e Tecnologia (BCT)”, “Scientific Electronic Library Online (SCIELO) - Biblioteca Científica Eletrônica Online”. Textos completos e diretrizes publicados pelo “Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)”, “Biblioteca Virtual de Saúde (BVS)”, “Literatura Latino Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS)” e “PubMed (Público/editora MEDLINE)”. O período das publicações analisadas foram os últimos 11 anos, no caso, dentro do recorte temporal de 2011 a 2022. As palavras-chave utilizadas e cruzadas entre si na busca foram: “produção”, “cerveja industrial”, “gestão de processo”.

2. O PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA

O processo de produção de cerveja pode ser dividido basicamente em seis etapas: moagem do malte; mosturação ou brassagem; filtração do mosto; fervura do mosto; fermentação e maturação (BORTOLI *et al.*, 2013). A indústria cervejeira, de modo geral, utiliza essas fases no seu processo de produção, pois elas são básicas para a fabricação da cerveja.



Sendo um processo complexo de fermentação, pois difere de outras fermentações industriais tendo em vista que o sabor, o aroma, a clareza, a cor, a produção de espuma, a estabilidade da espuma e a porcentagem de álcool são os fatores de qualidade associados ao produto acabado, tendo-se por objetivo a conversão de grãos de amido em açúcar, ou seja, extrair o açúcar com água e depois fermentá-lo para produzir a bebida alcoólica levemente gaseificada (GUIMARÃES, 2020).

Quanto à moagem do malte, esta é uma etapa muito importante, ela vai determinar a velocidade da transformação físico-química, tempo de filtração do mosto, ação das enzimas no amido e qualidade do produto (BORTOLLI *et al.*, 2019). Para uma extração eficiente com água, o malte deve ser moído. Os primeiros processos de moagem usavam pedras movidas manualmente, por água ou força animal, mas a fabricação de cerveja moderna usa moinhos de rolos acionados mecanicamente. O desenho do moinho e a folga entre os rolos são importantes para obter a correta redução do tamanho do malte. O objetivo é manter a casca relativamente intacta enquanto quebra o amido modificado e quebradiço em partículas (BORTOLLI *et al.*, 2019). Para Guimarães (2020), a moagem do malte não pode ser fina, pois caso isso ocorra a filtragem do mosto será lenta. E não pode ser grossa demais já que criaria dificuldades para ocorrer a hidrólise do amido. A forma como o grão moído deve estar é fundamental para a quantidade do mosto e qualidade das outras etapas do processo.

A etapa da mosturação precede a da fermentação. De acordo com Muxel (2016), o mosto é um meio adequado para o desenvolvimento de enzimas e elas realizam a conversão do amido em fermentáveis ou não, no caso as dextrinas. Algumas técnicas de brassagem incluem: infusão, decocção e rampa de temperatura. A mais utilizada é a rampa de temperatura. Nessa técnica, baseada na relação temperatura x tempo, ocorre as seguintes reações de acordo Tschoeke (2018, p. 16):

é possível simplificar o processo de mosturação, controlando a brassagem de acordo com a atuação das enzimas alfa-amilases e beta-amilase utilizando assim uma rampa de aquecimento para aproveitar melhor a atuação de cada enzima durante o processo de sacarificação do amido. Um exemplo bastante genérico que funcionaria para a maioria das cervejas com resultados aceitáveis é trabalhar em apenas 1 uma rampa (meio termo) a uma temperatura de 67°C a 68°C. Nessa temperatura tanto a α -amilases como a beta-amilases acabam atuando na conversão do amido.

Segundo Aboumrad e Barcellos (2015), para ocorrer a produção da cerveja, existe a preparação do mosto, pois é nele que ocorrerá a transformação do amido em açúcares através das enzimas do malte, que são submetidas a temperatura e pH adequados durante o cozimento dos grãos. Já Gouveia (2021) pontua que o controle de temperatura é muito importante, pois nessa etapa cada enzima tem uma temperatura e pH ideais para a operação. Por isso a utilização da rampa de temperatura no processo.

A respeito da etapa de filtração, de acordo com Piccini, Moresco e Munhos (2011), após a etapa da mostura é realizada a filtração, no qual ocorre a sedimentação dos resíduos das cascas. Essa separação é fundamental para os requisitos qualitativos e quantitativos do mosto. Nessa etapa é gerado o bagaço de malte, principal resíduo do processo da produção da cerveja que pode ser utilizado como alimento para animais ou destinados para a produção de pães, bolos.

Ainda nessa etapa do processo de produção da cerveja, o principal foco é maximizar a brassagem, podendo extrair o máximo de açúcar do sólido. A temperatura ente 70 e 80°C é bem importante. Abaixo de 70°C perde-se a eficiência na extração dos açúcares ainda presos no malte. Acima de 80°C existe o risco de arraste de taninos que são responsáveis por

um sabor adstringente na cerveja, como explica Muxel (2016). Piccini, Moresco e Munhos (2011) sinalizam que a turbidez do mosto deve ser a mínima possível, pois a cerveja tem bastantes sólidos durante o processo e precisam ser retirados. O excesso desses sólidos no mosto não atribui qualidade a cerveja e causa dificuldade para padronizá-la.

Nessa fase tem-se também como objetivos: esterilizar o mosto; isomerizar as substâncias amargas do lúpulo; evaporar as substâncias voláteis indesejadas e concentrar o mosto e ajustar a O.G. Esse momento demora de 60 a 90, ele afeta a aromatização, a concretização e a esterilização, além da caramelização dos açúcares (MUXEL, 2016). De acordo com Venturini-filho e Cereda (2011), durante a etapa de fervura, os microrganismos que continuam presentes no mosto são eliminados. As condições como o pH ácido e as substâncias obtidas do lúpulo contribuem para a esterilização do mosto. Piccini, Moresco e Munhos (2011) orientam que a ebulição proporciona estabilidade que o mosto fique estável em quatro sentidos: biológico, químico, coloidal e de sabor. A fervura possui importante função na delegação de aroma, cor e paladar ao mosto, já que é através dele que ocorrem as reações químicas que favorecem essas características. É importante o controle do tempo de fervura e da taxa de evaporação (NAHAS, 2019). Nesse sentido, Marcondes (2016) dissertaram que a reação que mais importa durante a fervura é a isomerização dos alfa-ácidos para os isso-alfa-ácidos.

Vale pontuar que a enzima alfa-amilase, que depois da mosturação e filtragem não é inativada, está sem atividade nessa etapa. Ainda nessa fase, as proteínas e os taninos são coagulados e eliminados do mosto na forma de “*trub*”. Já Muxel (2016) aponta que a adição de lúpulo se adequará ao amargor relacionado ao tipo de cerveja fabricada, sendo que a unidade de medida é o IBU. Há softwares que realizam esses cálculos para determinar a quantidade de lúpulo adequada. O lúpulo será adicionado tanto na fervura quanto no final do processo. Essa separação ocorre porque os óleos essenciais podem perder-se. E o “*trub*” e o bagaço de malte são colocados em tanques de decantação separados. Esses resíduos podem ser eliminados do processo ou retornar para o aproveitamento adequado (PICCINI, MORESCO, MUNHOS, 2012).

No momento do resfriamento, Piccini, Moresco e Munhos (2011) falam que as proteínas, as resinas e os taninos se precipitam, essa reação é conhecida como *cold break* que começa a 65°C. O material sólido que está no processo decanta e por meio do whirpoll, é colocado na região central da panela para depois separá-lo do mosto. De acordo com Limberger (2013) o controle do resfriamento é importantíssimo para o processo de produção da cerveja, apesar de não existirem um acordo sobre os valores ou faixas para a sua taxa de resfriamento. Segundo Schaeffer et al. (2016) o correto é que o resfriamento seja realizado o mais rápido possível, pois as chances de contaminação são menores, tendo disponível máximo de uma hora, mas para obtenção de melhores resultados deve acontecer entre 30 a 40 minutos

Na aeração do mosto é fundamental para o crescimento da levedura cervejeira que é realizado através de metabolismo oxidativo. O oxigênio é solicitado pelas células do fermento para a síntese de ácidos graxos insaturados e esteróis. Aboumrad e Barcellos (2015) colocam que o mosto é colocado a temperaturas de fermentação antes da adição de leveduras, a fim de evitar estressá-las (deixando-as em ambientes com condições adversas às condições em que normalmente atuam) ou mesmo matá-las (VENTURINI-FILHO, CEREDA 2011).

Vale pontuar que o método ideal é introduzir parte do ar ou oxigênio através do trocador, entre os dois estágios de resfriamento, e o restante no mosto frio. Esse procedimento evita o escurecimento do mosto associado à oxidação de taninos pela aeração quente. Em geral a temperatura final de resfriamento é de 25 a 35°C, uma temperatura que não cau-



sará a morte de leveduras, pois pode ocorrer a formação de DMS, quanto mais exposto a temperaturas baixas maior a chance de contaminação (LARA, 2018). Segundo Dinslaken (2014), a duração de resfriamento do mosto varia de acordo com o equipamento que o produtor está utilizando, a temperatura no local e o volume da produção. Limberger (2013) sinaliza que o uso de trocadores de calor de imersão facilita sua instalação, pois é necessário conectá-los à rede, que geralmente possui pressão suficiente para atender a demanda do resfriamento do mosto nas cervejarias.

Na fase de fermentação alcoólica é feita a transformação dos açúcares fermentescíveis do mosto em álcool, gás carbônico e calor. No processo fermentativo há um ciclo de fases como esclarece Muxel (2016, p.73):

1. Fase aeróbica ou respiratória: Na presença de O₂ levedura armazena nutrientes e energia para formação de membrana e reprodução celular;
2. Fase anaeróbica ou fermentativa: a levedura se espalha pelo fermentador para aumentar contato com os açúcares do mosto e consumi-lo gerando álcool e CO₂ no processo; sedimentação: com o fim dos açúcares fermentáveis o fermento “se desliga” e sedimenta no fundo do tanque.

Sendo assim, a via respiratória é utilizada no início da fermentação, com o objetivo de promover o crescimento e revigoramento do fermento. A via fermentativa tem a finalidade de modificar o mosto em cerveja (VENTURINI-FILHO, CEREDA 2011). Segundo Dinslaken (2014), a fermentação ocorrerá com ausência de iluminação e com baixa alteração de temperatura. O Quadro 1 apresenta as características das fases do processo fermentativo.

| FASE AERÓBICA (RESPIRATÓRIA) | FASE ANAERÓBICA (FERMENTATIVA) |
|--|---|
| Duração (12h) | Duração (7 dias) |
| Pequena elevação de temperatura (0,5-1 °C) | Maior elevação de temperatura (1 °C+) |
| Pequena redução de extrato | Grande redução de extrato |
| Diminuição do pH | Pequena redução do pH |
| Propagação intensa de levedura | Primeiras células começam a flocular |

Quadro 1 – Características das fases do processo fermentativo.

Fonte: Adaptado de Muxel (2016, p. 21).

Manter o mosto na temperatura certa facilitará o crescimento saudável da levedura e proporcionará o ambiente adequado para a fermentação. Cada cepa de levedura tem melhor desempenho em uma amplitude de temperatura (HUGHES, 2014). Se a temperatura estiver muito baixa, a levedura diminuirá seu metabolismo, ficando adormecida. Se a temperatura estiver muito alta, os microrganismos podem produzir sabores desagradáveis (GOULART, 2016).

Existem 5 fatores chave para uma boa fermentação: controle da temperatura, oxigenação do mosto, nutrientes para leveduras, taxa de inóculo adequada no tempo de fermentação (DINSLAKEN, 2014). A fermentação alcoólica começa com a adição de fermento ao mosto cervejeiro. A quantidade de fermento a ser inoculada varia de acordo com o teor de extrato, composição, nível de aeração e temperatura do mosto (VENTURINI-FILHO; CEREDA, 2011). E a quantidade de *Saccharomyces cerevisiae* a ser adicionada ao mosto deve ser de 0,5 litros de levedura concentrada para cada 100 litros de mosto.

Vale pontuar que a *saccharomyces cerevisiae* reproduz-se de forma assexuada e se

consegue desenvolver tanto no meio aeróbico como anaeróbico. A partir dos hidratos de carbono na solução, as leveduras conseguem obter energia para sobreviver no meio. Segundo Martins (2017) as leveduras se desenvolvem melhor entre 20 a 30°C, quando conseguem inibir as bactérias em pH ótimo de 2,2 a 8,0 (FRANÇA, 2013).

De acordo com Venturini-Filho e Cereda (2017, p. 23), “na fermentação conduzida através do processo de batelada, a levedura que determina o tipo de fermentação: alta ou baixa. O produtor que optar pela alta fermentação utilizará a levedura *ale*”. Na fermentação baixa utiliza “*lager*”. Como descreve Martins (2017, p. 123):

Na baixa fermentação, após 24 horas do início da fermentação, retira-se e passa-se a outro recipiente pré-esterilizado. Após o segundo dia aumenta constantemente a camada de espuma sobre a cerveja. A temperatura ideal é de aproximadamente 8°C. A quantidade de espuma crescerá e assim se manterá nas 72 horas seguintes. Após esse tempo decrescerá. As cervejas de alta fermentação pode ser fermentadas a 15 a 20°C, aproximadamente. A fermentação dura cerca de quatro até seis horas.

As leveduras são responsáveis pelo aroma e formação de álcool na fermentação. Assim, para uma boa qualidade é necessário que ela permaneça em suspensão durante a fase ativa da fermentação e após essa, flocular e sedimentar. Vários compostos são formados nessa fase, sendo que essas substâncias têm um limite de existências, pois algumas delas são indesejáveis (WYLER, 2013). Nesse prisma, Ribeiro e Santos (2015) falam que no final da fermentação, obtém-se um excesso de levedos, pois eles se multiplicam no processo. Este levedo é colocado para tratamento e estocagem, sendo uma parte reaproveitado em novas bateladas de fermentação.

Na fase de maturação é feito o armazenamento da cerveja fermentada a baixa temperatura durante o prazo estabelecido. As leveduras que restaram

restantes metabolizam certos compostos suavizando ou até excluindo *off-flavors*.

Uma fermentação vagarosa ocorre na produção da cerveja, ela proporciona a clarificação de leveduras e proteínas. E a maturação colabora com o processo de decantação das leveduras ainda restantes do processo fermentativo, bem como auxilia a remoção de outros compostos turvadores (polifenóis e proteínas), (PICCINI; MORESCO; MUNHOS, 2012).

A maturação é conduzida a baixa temperatura, normalmente a 0°C, por um período de 2 a 4 semanas. Mas em virtude dos casos envolvidos nessa fase, tem se proposto a redução do tempo de maturação com a adoção de novas técnicas. Na maturação do sabor, ocorrem três reações que tem grande influência sobre o sabor de produto: a reação na concentração de ácido sulfúrico, de acetaldeído e de diacetil. Todos esses compostos são produtos formados na fermentação (PICCINI; MORESCO; MUNHOS, 2011).

Os ésteres aumentam na mesma proporção que se produz etanol. Durante o período de maturação são formados ésteres dando origem ao aroma e sabor que caracterizam a cerveja como “madura”. Este é o momento fazer o *dryhopping*, a adição de lúpulos frescos a frio na cerveja. Não há um consenso sobre a melhor temperatura e tempo de contato em que o lúpulo deve ficar com a cerveja. Após o processo fermentativo (fermentação/maturação) a cerveja ainda não está pronta para o consumo e requer tratamentos antes ser engarrafada. A cerveja maturada poderá passar por vários tratamentos (VENTURINI-FILHO, 2010; DINSLAKEN, 2014).

Na etapa de envase, a cerveja será envasada em garrafas ou barris e é onde receberá o dióxido de carbono (CO₂). Pode ser produzida a carbonatação através do *priming*, como esclarece o Muxel (2016, p.102): “O *priming* consiste em adicionar uma quantidade extra de açúcares fermentáveis na cerveja para que as leveduras residuais iniciem uma refer-

mentação na garrafa, gerando Co2 e conseqüente carbonatação da cerveja”. E Dinslaken (2014) comenta que a quantidade de açúcar está relacionada com o estilo da cerveja, pois cada modelo tem a carbonatação diferente. A reação produzirá gás carbônico devido a quantidade de açúcar. Após esse procedimento o produto passou por todas as etapas de produção.

3. A RELEVÂNCIA DO ASPECTO QUALIDADE NAS EMPRESAS

Segundo Costa (2014), a qualidade de produtos e serviços é um fator importantíssimo para as empresas e por isso ela se tornou alvo a ser buscado, pesquisado e implementado. Por tanto, a qualidade vem se destacando nas organizações, pois faz que seja buscado um conceito que seja adequado às condições da organização. Ambrósio (2019) menciona entraves quanto à palavra “qualidade” no âmbito das organizações, o que dificulta sua apropriada definição, pois suas características são inúmeras. Não é um termo técnico exclusivo da administração, e sim, uma palavra conhecida do cotidiano, que qualquer pessoa arriscaria em defini-la.

Sendo assim, o modo como a qualidade é definida em uma instituição reflete o modelo como é direcionada a produção de bens e serviços. Nesse sentido, vários autores procuram definir a qualidade de forma simples, precisa e abrangente no campo da gestão. Nos últimos anos, vários pesquisadores têm definido o que significa qualidade sob diferentes óticas. Essa diversidade dos conceitos é resultado do processo histórico que desenvolveu teorias e aplicações como modo de aperfeiçoar a produção (SILVA, 2016). O Quadro 2 apresenta os autores e as definições em relação à qualidade.

| AUTOR | CONCEITO | ENFOQUE |
|-----------|--|--------------|
| Juran | A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e, dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto. | Cliente |
| Derming | A qualidade é a perseguição às necessidades dos clientes e homogeneidade dos resultados do processo. A qualidade deve visar às necessidades do usuário, presentes e futuras. | Cliente |
| Eigenbaum | Qualidade é a contribuição das características de produtos e serviços referentes a marketing, engenharia, fabricação e manutenção, através das quais o produto ou serviço em uso, corresponderão às expectativas do cliente. | Cliente |
| Crosby | Qualidade quer dizer conformidade com as exigências, ou seja, cumprimento dos requisitos. | Conformidade |
| Abbott | As diferenças de qualidade correspondem a diferenças na quantidade de atributos desejadas em um produto. | Produto |

Quadro 2 – Definições sobre qualidade.

Fonte: Adaptado de Ambrósio (2019, p. 120).

Considerando-se os pontos de vista dos autores, se percebe que a gestão da qualidade desempenha um papel crucial no crescimento e desempenho de uma empresa. Também figurando como um recurso fundamental na competição pelo relacionamento com o cliente, buscando entregar uma experiência superior. As empresas podem implementar um conjunto de procedimentos para garantir que seus produtos e/ou serviços atendam aos mais altos padrões de qualidade e tenham um desempenho ideal. O objetivo final é aumentar a

satisfação do cliente e impulsionar o crescimento dos negócios (AMBRÓSIO, 2019).

Qualidade é mais do que apenas sobre produtos e/ou serviços acabados, é sobre todos os processos, sistemas e pessoas que estão por trás do produto ou serviço ofertados. Gerenciar a qualidade significa buscar constantemente a excelência, certificando-se de que o que a organização faz é adequado ao propósito e não apenas permanece estático, mas sim em contínuo aperfeiçoamento (DINSLAKEN, 2014).

3.1 Ferramentas da qualidade

De acordo com Santos (2017), as Ferramentas da Qualidade podem ser definidas como meios que identificam e aperfeiçoam a qualidade dos processos e conseqüentemente dos produtos e serviços. A qualidade de um produto ou serviço também está diretamente ligada à satisfação total do consumidor. Essa satisfação do consumidor é a base de qualquer empresa (SILVA, 2013).

3.1.1 Diagrama de Ishikawa

De acordo com Magri (2019), Diagrama de Ishikawa trata-se de uma ferramenta que possibilita a identificação e análise das potências causas de variação do processo ou da ocorrência de um fenômeno, bem assim como da forma como essas causas interagem entre si. Para elaborar tal diagrama, faz parte reunir pessoas para realizar um *brainstorming* (tempestade de ideias) de forma a levantar as causas e raízes que levaram ao problema. Essa ferramenta também pode ser considerada diagrama de causa e efeito.

A ferramenta apresenta as causas de uns problemas em forma de espinha de peixe: as 6 M's: método, mão-de-obra, materiais, medidas, máquinas e meio ambiente (MAGRI, 2019). Segundo Santos, Ceccato e Michelin (2011), é importante colocar que o diagrama de causa e efeito, parte do princípio que a causa provável é toda a fonte geradora de um determinado efeito, e que o problema é o efeito que constitui um fato que pode ser mensurado.

A ideia de tentar encaixar estas medidas seria permitir a equipe pensar em todas as possibilidades e visualizar outros fatores que podem impactar no problema. Isto evita com que o time fique focado somente em causa principal (SILVA, 2013).

3.1.2 Ciclo PDCA (Plan / planejar, Do / fazer, Check / checar e Act/Adjust / agir ou ajustar

O ciclo de Deming tem por princípio tornar mais claros e ágeis os processos envolvidos na execução da gestão, por exemplo, na gestão da qualidade, dividindo-a em quatro principais passos: planejamento, execução, verificação e ação (MELLO, 2019). Estes passos devem ser continuamente repetidos nesta ordem, tornando-se um ciclo contínuo. O ciclo PDCA é uma proposta de abordagem organizada em qualquer tipo de problema. Os ciclos PDCA se referem às melhorias proativas ou repetitivas e ao controle de processo (CALDEIRA FILHO, 2014).

O Ciclo PDCA tem como objetivo manter os resultados, metas e padrões dentro de um sistema de gestão; e pode ser utilizado em qualquer empresa de forma a garantir o sucesso dos negócios, independentemente da atuação da empresa. O ciclo de Deming tem por princípio tornar claros e ágeis os processos envolvidos na gestão da qualidade (SILVA,



2011). O ciclo PDCA é dividido em quatro etapas, como mostra a figura 1.



Figura 1 – ciclo PDCA.

Fonte: Mello (2019, p. 15).

Observa-se que as fases de planejamento, execução, verificação e ação em consequência dos resultados, compõem um ciclo contínuo, que representa o escopo do método PDCA para a melhoria contínua dos processos. O Ciclo PDCA é um método de resolução de problemas onde as soluções são encontradas através de um processo estruturado e ordenado, em que cada passo depende da execução do anterior (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2016).

3.1.3 Folha de verificação

As folhas de verificação são tabelas ou planilhas simples usadas para facilitar a coleta e análise de dados. Técnica utilizada quando se deseja obter dados, baseados em observações amostrais, para definição de um modelo (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2016). Os dados devem traduzir os fatos e devem ser a base da discussão e das ações de projetos de melhoria. Isto mostra a importância de se planejar muito bem o tipo de formulário que deverá ser usado para coletar os dados, o qual deve ser adaptado a cada situação (LONGO, 2011). As observações devem ser as mais aleatórias possíveis, o universo observado deve ser homogêneo e o processo de amostragem eficiente (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2016).

3.1.4 Diagrama de dispersão

Usado para visualizar a relação de dependência entre um parâmetro de qualidade e uma variável do processo, analisando uma possível relação entre elas, bem como sua intensidade (FAESARELLA; SACOMANO; CARPINETTI, 2016). O diagrama de dispersão mostra o que acontece com uma variável quando a outra muda, para testar possíveis relações de causa e efeito (MACHADO, 2012).

Relações entre os conjuntos de dados associados são inferidas a partir do formato

das nuvens. Uma relação positiva entre x e y significa que os valores crescentes de x estão associados aos valores crescentes de y (LONGO, 2011). Os diagramas de dispersão são essenciais para compreender as relações entre as variações, pois fornecem um meio para a inspeção dos dados que uma lista de valores para as variáveis pode fornecer (DOURADO; MURBACK, 2014).

3.1.5 Plano de ação (5W2H)

O Plano de Ação 5W2H é uma maneira simples que contém as informações necessárias para o acompanhamento e a execução da ação pretendida (MACHADO, 2012). O método 5W2H é basicamente um formulário para execução e controle de tarefas onde são atribuídas as responsabilidades e determinado como o trabalho deverá ser realizado (SILVA, 2011). O quadro 3 demonstra a estrutura do Plano de Ação 5W2H.

| EUA | BRASIL | AÇÃO |
|----------|--------------|--|
| What | O quê | Que ação será executada? Qual o item de controle em qualidade, custo, entrega moral e segurança? Qual a unidade? |
| Who | Quem | Quem irá executar/participar da ação? Quem participará das ações necessárias ao controle (por exemplo, reunião)? |
| When | Quando | Quando a ação será executada? Qual a frequência com que devem ser medidos (diário, semanal, mensal, anual? Quando? |
| Why | Por que | Por que a ação será executada? Em que circunstância o controle será executado? |
| Where | Onde | Onde será executada a ação? Onde são conduzidas as ações de controle? |
| How | Como | Como será executada a ação? Como exercer o controle? Indique o grau de prioridade para a ação de cada item. |
| How Much | Quanto Custa | Quanto custa para executar a ação? Como analisar e controlar os gastos? Avaliar a relação custo-benefício. |

Quadro 3 – Estrutura da Metodologia 5W2H.

Fonte: Silva (2011, p. 200).

Vale pontuar que, além de facilitar a resolução de problemas, Plano de Ação 5W2H também é uma ótima ferramenta para gerir um planejamento estratégico. Isso porque define exatamente o que a empresa deve fazer para atingir as metas estipuladas. Afinal, não basta saber para onde a organização angaria quer ir, é preciso definir o caminho que será seguido para chegar lá. É exatamente isso que o Plano de Ação 5W2H proporciona: a definição dos meios para os objetivos (MACHADO, 2012).

4. OS DESAFIOS DA GESTÃO DA QUALIDADE NO PROCESSO INDUSTRIAL DA PRODUÇÃO DA CERVEJA

A cerveja, em muitas culturas, é um alimento básico há milhares de anos e ainda é uma das bebidas mais populares do mundo. Cada elo da cadeia de fornecimento de cerveja vem com seus próprios desafios. A exemplo, durante 2020 e 2021, a pandemia de Covid-19 foi um deles e, continuará a sê-lo durante algum tempo. Após melhor manejo da pandemia, as pressões em evolução continuam a influenciar a cadeia de suprimentos de

cerveja. Sendo que as cadeias de fornecimento de cerveja precisam se manter flexíveis para se adaptar e sobreviver às mudanças e aos desafios futuros (CHAVES; ELOY; ROSSI, 2022).

Com já foi falado em outra seção deste trabalho, existem muitas definições de qualidade; alguns podendo ser bem mais abrangentes. Mas todas podendo ser alocadas em duas categorias gerais: (1) aquelas definições que se referem à “excelência ou polidez” e (2) aquelas que simplesmente se referem a “características definidoras” (RODRIGUES, 2011).

Naturalmente, a indústria cervejeira é atraída pelo primeiro tipo de definição, mas logo se depara com o problema do que é “excelência ou polidez” e quem decide. Sendo assim, as empresas logo percebem que “excelência ou polidez” reflete muito um viés pessoal ou as experiências de vida de alguém e, portanto, tem sérias limitações como definição para uso no mundo do trabalho na fabricação de cerveja. O segundo tipo de definição evita essa armadilha e, embora intrinsecamente mais maçante, é mais viável (RODRIGUES, 2011).

Uma boa definição para uma cerveja de qualidade é, portanto, simplesmente uma cerveja que atende consistentemente às especificações do ponto de vista sanitário, social, financeiro e de propagação das negociações. A ideia de uma especificação requer imediatamente que alguém, em algum momento e em algum lugar, decida quais devem ser os caracteres que definem a cerveja e como devem ser medidos, no caso, os consumidores (público-alvo). A ideia de consistência requer imediatamente um sistema de pessoas, de fabricação e de processos que sejam capazes de repetir exatamente o que já vem sendo feito exitosamente. Portanto, essas ideias sobre qualidade são complexas e, por vezes, caras, mas muito úteis (MEDEIROS, 2011).

A cerveja, como qualquer outro produto, segue a regra de oferta e demanda, mas o processo de fabricação de cerveja é permeado de processos, passando pela sua cadeia de suprimentos. Começa primeiro com as matérias-primas necessárias para a produção e embalagem e termina quando a cerveja é entregue ao usuário final. Isso pode ser a entrega em domicílio de uma caixa de um pedido *on-line* ou quando o *barman* serve uma cerveja para um cliente (ARAUJO; SANTOS; BRITO, 2012).

Ainda sobre as matérias-primas, estão incluídos itens essenciais como água, malte, lúpulo e levedura. Ingredientes adicionais como grãos de café, especiarias e açúcar também são usados para inovações na bebida tradicional. Estima-se que 39 milhões de hectares de cevada tenham sido colhidos em 2019, cerca de 70% disso foi usado como ração animal, enquanto os outros 30% ou 11.817 hectares foram usados para produzir malte para a fabricação de cerveja (ARAUJO; SANTOS; BRITO, 2012).

Para tanto, a indústria cervejeira está atualmente passando por uma escassez de lúpulo devido ao clima adverso, incêndios florestais e outros eventos ambientais. Com o aumento das temperaturas reduzindo a umidade do solo e as secas exacerbando a escassez de água, as mudanças climáticas representam uma ameaça real à disponibilidade das matérias-primas da cadeia de fornecimento de cerveja. Além disso, a doença *Ramularia* está afetando as culturas de cevada, e a área de terra arável usada para o cultivo está diminuindo. A demanda do consumidor por culturas sustentáveis e produtos de origem local é e continuará sendo fatores-chave para ingredientes brutos na cadeia de fornecimento de cerveja (GALIAZI; SANTOS, 2015).

A produção de cerveja sempre foi de mão-de-obra intensiva, particularmente nas pequenas cervejarias artesanais. Existem *softwares* de inventário que oferecem aos cervejeiros soluções em tempo real para melhorar a eficiência da produção de cerveja. Essas ferramentas vinculam previsões a cronogramas de produção e contratos de fornecedores,

fornecendo informações completas e detalhadas para rastrear ingredientes e datas de validade, além de oferecer análises para prever flutuações sazonais de demanda (GALIAZI; SANTOS, 2015).

As soluções de software substituem os métodos manuais de rastreamento de estoque para fornecer acesso a melhores ferramentas de gerenciamento e dados financeiros precisos. A implementação de automação básica nas operações da cervejaria pode reduzir a mão de obra e melhorar a consistência do produto. A automação simples reduz tarefas manuais, como a verificação de temperaturas usando chips de computador de entrada única e uma válvula de resfriamento de saída única. Os sistemas de automação mais complexos e bem projetados são extremamente flexíveis, permitindo que os cervejeiros façam alterações e programem facilmente novas receitas (CALDEIRA FILHO, 2018).

O aumento da demanda por cerveja levou a um crescimento correspondente no mercado de embalagens de cerveja. A embalagem da cerveja é a parte da cadeia de suprimentos da cerveja que envolve o engarrafamento e rotulagem de garrafas, PETs, caixas e barris. No entanto, os muitos benefícios do vidro significam que as embalagens de vidro deverão ter a maior participação de mercado da indústria no futuro. O vidro é reutilizável, reciclável e mantém a cerveja fresca por mais tempo em comparação com outros materiais de embalagem. O vidro também é um bom isolante que mantém a cerveja gelada por muito mais tempo do que qualquer outro tipo de embalagem descartável (CALDEIRA FILHO, 2018).

Além disso, o vidro reduz o risco de deterioração porque tem uma taxa zero de interação química com outros produtos, e as garrafas de cerveja de vidro âmbar impedem a entrada de luz na garrafa. O mercado de embalagens de cerveja é competitivo e parece estar fragmentado. Os fornecedores estão competindo em preço, capacidade, volume e qualidade. Espera-se que a popularidade e a demanda por soluções de embalagens originais, especialmente aquelas com credenciais ecológicas, continuem, portanto, a inovação tecnológica provavelmente impactará consideravelmente o mercado (RODRIGUES, 2011).

As cadeias de suprimentos de cerveja precisam ser apoiadas por transporte e logística eficientes. O rastreamento de lotes usando ferramentas de *software* de cervejaria permite o monitoramento de produtos para determinar o status de todas as entregas de entrada e saída para o armazém, o que garante entregas pontuais e reposição de estoque do cliente (RODRIGUES, 2011).

Acerca da automação, este aspecto está revolucionando a cadeia de produção de cerveja por meio de sistemas automáticos de armazenamento e recuperação que melhoram a eficiência de armazenamento e expedição. Com a adição do *software* de cervejaria, os cervejeiros podem contabilizar todos os materiais e custos de envio para garantir que os produtos sejam precificados com precisão para maximizar a receita.

Quanto à distribuição, esta abrange uma ampla gama de atividades e uma variedade de participantes da cadeia de suprimentos. Auditoria de qualidade, *marketing*, treinamento e harmonização de alimentos são atividades de distribuição. Os participantes da cadeia de fornecimento de cerveja variam de atacadistas a varejistas, restaurantes, lojas de garrafas, bares, clubes e afins. Sabe-se que a distribuição e fornecimento são vulneráveis a um cliente imprevisível e preferências estão em constante mudança. Ao se colocar, por exemplo, o aumento da demanda por cervejas com menos calorias e menor teor alcoólico, que se espera serem de alto sabor e compatibilidade com a harmonização de alimentos, isso são aspectos que podem afetar a popularidade das cervejas (DINSLAKEN, 2014).

Vale pontuar que a cadeia de fornecimento de cerveja foi afetada negativamente em 2020 e 2021 devido à pandemia de Covid-19, que causou bloqueios em todo o país, fecha-

mento de locais de hospitalidade e restrições a reuniões sociais, sendo um acontecimento que tem que ter deixado aprendizado quanto à gestão de recursos em situações de impacto global (CHAVES; ELOY; ROSSI, 2022).

Tal pandemia mudou a forma como a cerveja era embalada e distribuída, angariando melhores controles higiênicos-sanitários. Por outro lado, gerou crescimento no comércio eletrônico, na demanda *on-line* e no fornecimento direto ao consumidor, devido ao fato de nações inteiras serem forçadas a ficar em casa. Os cervejeiros tiveram que repensar as embalagens para atender a essa mudança na demanda. As embalagens de doze pacotes substituíram os barris, por exemplo, e o estoque destinado a estabelecimentos de hospitalidade foi redirecionado para pontos de venda como supermercados e lojas de garrafas (CHAVES; ELOY; ROSSI, 2022).

Um problema comum na cadeia de produção de cervejas é chamado de efeito chicote. O efeito chicote é um evento do canal de distribuição que se refere a mudanças nos níveis de estoque devido a mudanças na demanda do consumidor. As previsões de demanda sucumbem às ineficiências da cadeia de suprimentos à medida que se avança na cadeia de suprimentos. Por exemplo, a demanda prevista do cliente é de 25 unidades, um pedido de varejo incluindo estoque de segurança se torna 40 unidades, o atacado pede 60 unidades para obter benefícios de compra em massa e o pedido de matérias-primas do fabricante é de 70 unidades para reduzir os custos. O efeito chicote neste cenário cria 45 unidades a mais do que a demanda prevista do consumidor (DINSLAKEN, 2014).

Sendo assim, reduzir o desperdício na cadeia de suprimentos de cerveja é essencial para cortar custos, melhorar as margens de lucro e a eficiência operacional geral. As soluções de *software* para cervejarias são fundamentais para ajudar a reduzir o desperdício e aumentar a lucratividade. Tanto as matérias-primas quanto o produto final da fabricação de cerveja são bens perecíveis. Ao implementar sistemas de software de cervejaria, os cervejeiros podem reduzir o desperdício por meio do monitoramento da produção, de estoque, vendas e matérias-primas. O *software* da cervejaria deve fornecer dados em tempo real para identificar de lotes, datas de validade bem antes da ocorrência de deterioração (COSTA, 2018).

Em resumo, em todas as cervejarias, as tentativas de melhorar a gestão da qualidade fazem parte do esforço para aumentar os lucros, melhorar a qualidade dos produtos e das operações e provar um comportamento ambientalmente responsável, tendo em vista os consumidores estão cada vez mais interessados em conhecer a origem das matérias-primas, a interface ética e a sustentabilidade dos produtos que compram (COSTA, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante aos achados científicos da presente pesquisa se visualizou que a gestão da qualidade na indústria cervejeira está melhorando em variados aspectos das operações realizadas dentro e fora da cervejaria. Para encontrar a ferramenta certa que possa cobrir a maioria das áreas de uma cervejaria; sugere-se uma abordagem do gerenciamento produção industrial da cerveja que aborde a importância em conhecer as análises e as reações que ocorrem no processo de produção e desenvolver a capacidade de criar estratégias no momento da fabricação.

O processo de fabricação é dividido em muitas etapas, sendo que cada fase é fundamental para adquirir um produto de qualidade e padronizado. As grandes dificuldades encontradas pela indústria foram compreender a produção da cerveja e obter o domínio das

reações químicas do processo, pois isso facilita a otimização do produto. O gerenciamento determina qual técnica aplicar no processo industrial, que vai determinar as relações na empresa e como as ferramentas de gestão vão impactar os resultados no mercado.

Nesse caminho, com base nas perspectivas apresentadas, este estudo também teve como intuito fortalecer a discursão sobre a importância das contribuições já documentadas acerca do gerenciamento do processo industrial da produção da cerveja, para tal, destacou-se pontos cruciais que permeiam este tema, reunindo um compilado de informações para que possa ser consultado por pessoas interessadas ao tema (profissionais da área de diferentes engenharias, em especial a de produção e química; acadêmicos, professores, sociedade civil e outros). Como sugestões para pesquisas futuras, recomenda-se a ampliação da base de dados consultada e da quantidade de artigos avaliados, utilização de outros métodos de pesquisa.

Referências

ABOUMRAD, João Pessoa; BARCELLOS, Yara Cristina. **Análise e simulação das operações de mosturação e fermentação no processo de produção de cervejas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Química. Universidade Federal Fluminense, 2015.

ARAUJO, Jackeline Andrade De; SANTOS, Alisson Lima; BRITO, Flavio José Araújo. **A gestão ambiental como processo da qualidade: uma proposta de integração**. 2012. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves (RS), 2012.

BORTOLI, Daniela Amaral et al. **Leveduras e Produção de Cervejas**. 2013. Monografia. Curso de Biologia. Universidade Federal de Minas Gerais.

CALDEIRA FILHO, Odilon. **Uso de ferramentas da qualidade na melhoria dos processos de fabricação de tubos PVC extrudados**. 2018. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da Universidade Estadual Paulista.

CARVALHO, Giovani Brandão Mafra de. **Obtenção de cerveja usando banana como adjunto e aromatizante**. 2019. Tese de Doutorado. Doutorado Engenharia Química. Universidade de São Paulo (USP). Escola de Engenharia de Lorena (EEL/ASDI) Lorena.

CHAVES, Tiago; ELOY, Vinícius; ROSSI, Eduardo Caldas. **Gerenciamento da Qualidade, dos Recursos e das Aquisições**. Brasília: Enap - Escola Nacional de Administração Pública, 1ª ed., 2022.

COSTA, Inessa Claudiano. **Sistema de Gestão da Qualidade: impulsionando a melhoria nos processos de uma indústria gráfica**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Química. Faculdade de Engenharia da Universidade

Federal de Juiz de Fora DOURADO, Erika Albina; MURBACK, Fabio Guilherme Ronzelli. Levantamento Bibliográfico do Uso das Ferramentas da Qualidade. **Gestão & Conhecimento**, v.1, n.8, 2014.

DINSLAKEN, Daniel. **Manual do Cervejeiro Caseiro: um guia completo para iniciantes**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Química. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

FAESARELLA, Ivete Silva; SACOMANO, José Brito; CARPINETTI, Luiz Carlos Romeu. **Gestão da Qualidade: conceitos e ferramentas**. São Paulo: Atlas, 3ª ed., 2016.

FRANÇA, Samuel. **Fermentação Alcolólica na Produção de Cerveja**. São Luís: P&Q Engenharia, 2ª ed., 2013.

GALIAZI, Danielle Rosado; SANTOS, Enise Aragão Dos. **A eficiência das ferramentas de qualidade no suporte ao gerenciamento de projetos**. Salvador: Coeficiente, 1ª ed., 2015.

GOULART, Carolina. **Processo de Fermentação da Cerveja: conheça as fases**. São Luís: P&Q Engenharia, 1ª ed., 2016.

GUIMARÃES, Claudionei Madeira. **Manual prático para cervejeiros Iniciantes**. Urupema: IFSC, 1ª ed., 2020.

HUGHES, Gregório. **Cerveja Feita em Casa: tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos**. São Paulo: PubliFolha, 1ª ed., 2014.

LARA, Carlos. **Temperatura na Produção de Cerveja: a fervura e o resfriamento**. Rio de Janeiro: Condado da



Cerveja, 1ª ed., 2018.

LIMBERGER, Rodrigo Prestes. **Sistema de Resfriamento de Mosto de Cerveja em Processos Artesanais**. 2013. Monografia. Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

LONGO, Guilherme Carneiro. **Ferramentas e Técnicas da Qualidade**. Rio de Janeiro: ISBEC, 1ª ed., 2011.

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro: Nobel, 2ª ed., 2012.

MARCONDES, Lígia. **Fervura e Tratamento do Mosto**. Salvador: Coeficiente, 1ª ed., 2016.

MARTINS, Sílvio de Melo. Como fabricar cerveja. **Gestão & Conhecimento**, v.1, n. 10, 2017.

MEDEIROS, Igor de Freitas. **Estudo dos impactos do mapeamento de processos em uma plataforma de produção de gás e petróleo**. Vitória: ESET, 1ª ed., 2011.

MELLO, Andréa de Freitas. **O P do PCDA e suas relações na gestão dos contratos internacionais da Empresa Vallourec e Sumitomo no Brasil**. Belo Horizonte: UFMG, 2019.

MUNHOS, Luana; MORESCO, Carlos Lopes; PICCINI, Aranildes Rosa. **Moagem**. 2012. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/prcerea/cerveja/moagem.htm>. Acesso em: 28 set. 2021.

MUXEL, Alfredo Aroldo. **Uma breve história sobre a cerveja**. Rio de Janeiro: Condado da Cerveja, 1ª ed., 2016.

NAHAS, Diogo Rodrigues. **Aspectos sobre a fervura do mosto**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2019.

PICCINI, Ana Rita; MORESCO, Cristiano; MUNHOS, Larissa. **Trocas térmicas durante a extração por infusão**. Curitiba: Editorial ACRIBA, 2011.

RIBEIRO, Fernanda De Moraes; SANTOS, Marta Sônia. **Cervejas e Refrigerantes**. 2015. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/36727215/quimica-iv-modulo-cerveja-e-refrigerantes>. Acesso em: 29 set. 2022.

RODRIGUES, Marta Angélica. **A Importância da Qualidade no Gerenciamento de Projetos**. São Paulo: Projec Builder, 1ª ed., 2011.

SANTOS, Diônatas Simões Dos; CECCATO, MAICON SILVIO; MICHELON, MaikelHanderson. **Eficiência da ferramenta 8D aplicada em uma indústria do setor metal-mecânico** – estudo de caso. 2011. VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2011, São Luís – Maranhão.

SANTOS, Patrícia Fonseca dos Santos. **Estudo da Gestão da Qualidade Total e sua Influência na Produtividade Industrial**. 2017. Monografia. Especialização em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SCHAEFFER, Laís Costa; BRAZ, José Ribamar; ROSALINO, Álvaro Luís.; PIZETTA, Liane Horta. 2016. **Refrigeração do mosto utilizando ar condicionado na produção de cerveja artesanal**. Apresentação de Pôster. 68ª Reunião Anual da SBPC, 2016.

SILVA, Éverton Mesquita Da. **Administração da Produção: o papel da qualidade no melhoramento em produção e operações**. 2013. Monografia. Curso de Administração. Faculdade Tecsona.

SILVA, Flávio Cruz Monteiro Da. **Proposta de Indicadores de Desempenho da Produção: um estudo de caso em uma indústria de polímeros**. 2011. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Amazonas.

SILVA, José Romilton Andrade. **Gestão da Qualidade: estudo conceitual**. 2011. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

TOZETTO, Luciano Moro. **Produção e Caracterização de Cerveja Artesanal Adicionada de Gengibre (Zingiberofficinale)**. 2017. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TSCHOEKE, Isabelle Cristine Prohmann. **Modelagem Cinética da Brassagem de Cerveja Artesanal**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia de Alimentos. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

VENTURINI FILHO, Wagner Gullart.; CEREDA, Maria Paula. Cerveja. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2013.

WYLER, Patrícia. **Influência da Madeira de Carvalho na Qualidade de Cerveja**. 2013. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

54

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

*THE IMPORTANCE OF INDUSTRIAL SOLID WASTE
MANAGEMENT*

Mirlla Correia Lima Lica

Irla Correia Lima Licá

Victor José Lopes Silva

Amanda Mickelly Azevedo Viera

Resumo

Ao longo dos anos vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, tanto em quantidade como em diversidade, principalmente nos grandes centros urbanos. O manejo adequado dos resíduos sólidos industriais é uma importante estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde do ser humano. Dentro desta perspectiva, o respectivo estudo objetivou discutir sobre importância de um gerenciamento adequado dos resíduos industriais e apontar como deve ser realizado. Como objetivos específicos procurou-se descrever como funciona o processo de gestão de resíduos industriais; identificar todas as normas referentes aos resíduos sólidos, além de descrever como funciona o processo de gestão de resíduos industriais, bem como, discutir como as tecnologias limpas influenciam diretamente na produção e compreender como uma boa gestão garante bons resultados no futuro. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: PubMed, Medline, Google acadêmico e Periódicos CAPES, Scholar, Biblioteca digital USP de teses e dissertações. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “12” anos. Esse estudo possibilitou demonstrar que a gestão dos resíduos sólidos se tornou mais presente nas empresas, a fim de evitar multas ou sua interdição. As empresas aderiram o gerenciamento como uma oportunidade de melhorar a sua imagem e ratificar o seu compromisso com o meio ambiente perante os clientes e demais partes interessadas em seus processos, produto e serviços.

Palavras-chave: Gerenciamento. Meio ambiente. Resíduos Sólidos. Saúde.

Abstract

Over the years there has been an increase in the production of solid waste, both in quantity and diversity, especially in large urban centers. Proper management of industrial solid waste is an important strategy for preserving the environment, as well as promoting and protecting human health. Within this perspective, the respective study aimed to discuss the importance of proper management of industrial waste and seek how it should be carried out. As specific objectives pursued, it is described how the industrial waste management process works; identify all standards related to solid waste, in addition to describing how the industrial waste management process works, in addition to discussing how clean technologies directly influence production and understanding how good management guarantees good results in the future. The type of research carried out in this work was a Literature Review, in which books, dissertations and scientific articles selected through a search in the following databases were consulted: PubMed, Medline, Google Scholar and Periodicals CAPES, Academic, USP Digital Library of theses and dissertations. The period of the researched articles were the works published in the last “12” years. This study made it possible to demonstrate that solid waste management has become more present in companies, in order to avoid fines or their interdiction. Companies joined management as an opportunity to improve their image and ratify their commitment to the environment with customers and other parties interested in their processes, products and services.

Keywords: Management. Environment. Solid Waste. Health

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que ao longo dos anos a sociedade vem se preocupando com a crescente geração de resíduos sólidos que necessitam de um destino final sustentável, técnico e ambiental de forma adequada. Esses resíduos apresentam-se como um dos principais problemas nas áreas urbanas, pois sua geração, descarte e disposição inadequados provocam diversos impactos ambientais, sociais, e econômico e de saúde pública (NETO, 2013). Quaisquer atividades produtivas geram resíduos, em especial, as atividades industriais geram demasiadamente resíduos sólidos de diferentes características e aspectos. Desta forma, cabe enfatizar a importância de uma boa conduta no destino final dos resíduos sólidos, visando principalmente o cuidado com o meio ambiente, bem como, promovendo a saúde de toda uma sociedade.

Por muitos anos, o descarte indevido desses resíduos foi negligenciado pelas fontes geradoras e era bem comum se observar o descarte inadequado em diversas áreas populacionais próximas ou não da fonte primária, sem a devida preocupação com os possíveis impactos ambientais negativos. As indústrias são as maiores causadoras de danos ao meio ambiente de forma direta ou indireta. Por conta disso, são pressionadas diariamente a oferecerem serviços e produtos menos nocivos ao meio ambiente, além de terem que dar maior assistência a destinação correta de quaisquer resíduos sólidos produzidos.

O tema foi escolhido devido à relevância social e científica, pois se os resíduos sólidos industriais, não forem bem administrados, acarretam diversos problemas, tanto jurídicos como ao meio ambiente, tais como: contaminação de toda a área em volta da empresa e ao solo próximo, além de um acúmulo de minerais tóxicos que contaminam a fauna e a flora ali encontrada, além de que pode acarretar a morte de algum animal que possa residir próximo do local contaminado. Além disso, é possível notar que o estudo dos resíduos sólidos industriais pode contribuir para que as indústrias executem ações efetivas e relevantes a preservação de toda e qualquer vida, além de pensar na garantia da continuidade de seus negócios de forma segura, rentável, social e ambientalmente aceitável.

As empresas que seguem o planejamento ao longo prazo estão sempre em busca de melhorias para com o desempenho ambiental. Tais organizações aceitam a responsabilidade ambiental, não como um fardo a ser carregado, mas sim como uma grande oportunidade de poder continuar com suas operações e estarem sempre em conformidade com as leis. Para tanto é iminente a necessidade de evidenciar a importância de um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados pelas indústrias principalmente no contexto urbano. Assim cabe então perguntar: como é realizada a gestão de resíduos sólidos industriais e qual sua importância?

Diante de tais contextos, este trabalho objetivou discutir sobre importância de um gerenciamento adequado dos resíduos industriais e apontar como deve ser realizado. Como objetivos específicos procurou-se descrever como funciona o processo de gestão de resíduos industriais; identificar todas as normas referentes aos resíduos sólidos, além de descrever como funciona o processo de gestão de resíduos industriais, bem como, discutir como as tecnologias limpas influenciam diretamente na produção e compreender como uma boa gestão garante bons resultados no futuro.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: “PubMed, Medline, Google acadêmico e Periódicos CAPES, Scholar, Biblioteca digital USP de teses e dissertações”. O período dos artigos



pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “12 “anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “Gerenciamento industrial”, “resíduos sólidos”, “resíduos sólidos industriais”, “meio ambiente”, “tecnologia limpa” e dentre outros.

2. CONCEITO, EVOLUÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) conceitua resíduo como uma matéria negativa causadora e que pode causar danos a níveis ambientais e para saúde humana como um todo, caso não sejam eliminados de forma correta. Conforme Santos e colaboradores (2015), com a crescente industrialização e conseqüente aumento das tarefas do ser humano e suas interações com o meio ambiente, pode gerar aumento principalmente de resíduos sólidos de todos os tipos.

“O conceito de resíduos sólidos vem sofrendo constantes mudanças. O que era constituído como resíduo há 20 anos, hoje pode não ser mais. E aquilo considerado resíduo hoje poderá não ser no futuro” (FIORENTIN, 2002, p.50). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002), resíduos sólidos são definidos como quaisquer resíduos que se apresentam nos estados sólido e semissólido resultantes de atividades da indústria e dos domicílios. Ressalta-se que, os lodos provenientes de ETA's também são incluídos nessa definição.

As empresas que utilizam processos de fabricação ou industriais, ou que são estabelecimentos de serviços ou comerciais, provavelmente estão produzindo resíduos sólidos industriais. Esta é uma classificação especial de lixo não doméstico e não perigoso que requer, por lei estadual, avaliação especial para determinar o método de descarte adequado (PHILIPPI JÚNIOR, 2005).

Para Saiani (2014), para uma indústria ter um bom gerenciamento é necessário principalmente conhecer as fontes, bem como, quais resíduos sólidos estão compostos. Isto pode ser feito por meio do conhecimento da composição dos resíduos sólidos e de acordo com sua taxa de geração. Os resíduos são gerados durante processos como extração de matérias-primas, processamento para produtos intermediários ou finais, consumo de produtos finais e outras atividades humanas. Estes podem incluir todas as frações orgânicas e inorgânicas de resíduos domésticos, como resíduos de cozinha, resíduos de embalagens, aparas de grama, tecidos, garrafas, papel, recipientes, baterias usadas etc. e também resíduos industriais gerais (NETO, 2013; SAIANI, 2014).

2.1 Evolução dos resíduos sólidos

Em diversas cidades europeias, no século XIV, os moradores tinham permissão para despejar seu lixo na rua. Como resultado metade da população foi dizimada pela peste bubônica ou peste Negra, causada pela pulga dos ratos que se aglomeravam para comer os restos de comida jogadas a céu aberto. Para manter o controle da cidade limpa, em Siena, o município contratava porcos para comer os restos de comida jogados na rua, enquanto na Bolonha a disposição do lixo foi regulamentada por uma série de leis, desde o século XIII até o XVI (BURKE, 2001).

Na cidade Bordeaux, todo o lixo era jogado fora dos portões da cidade e pelo seu grande acúmulo foram consideradas um perigo à saúde e à segurança, já que ofereciam uma maneira de escalar os muros da cidade. Em 1767, Paris teve a grande iniciativa de colocar

três recipientes nas ruas para armazenar os diferentes tipos de lixo, e novamente em Nova York, em 1895 (BURKE, 2001).

Com o passar dos anos a civilização foi aumentando e evoluindo, como já era esperado, com a evolução o nível de resíduos foi aumentando cada vez mais. Foram criadas normas, leis, que ajudassem a diminuir a contaminação e impactos negativos ao meio ambiente. Atualmente, temos diversos meios para preservar o meio ambiente, como por exemplo, reciclagem, compostagem, materiais biodegradáveis etc. (BURKE, 2001).

2.2 Classificação dos resíduos sólidos segundo a NBR 10.004/04

Segundo a NBR 10.004/04 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), os resíduos sólidos são classificados em (Figura 1):

1. Resíduos de Classe I: Estes são considerados perigosos e são aqueles que possuem como característica principal alto índice de inflamação, corrosão, além de ser altamente tóxico, apresentando desta forma problemas a saúde do ser humano e como consequência podem gerar diversos problemas de saúde, até mesmo levar a mortalidade.
2. Resíduos de Classe II: Dentro desta classificação, incluem-se os resíduos não perigosos. Este por sua vez pode ser dividido da seguinte forma: Não inertes (Resíduos Classe II A) – estes não são inseridos dentro da classificação de resíduos de classe I; Inertes (Resíduos Classe II B) – suas principais características é alta biodegradabilidade, combustibilidade e são altamente solúveis em solução aquosa.

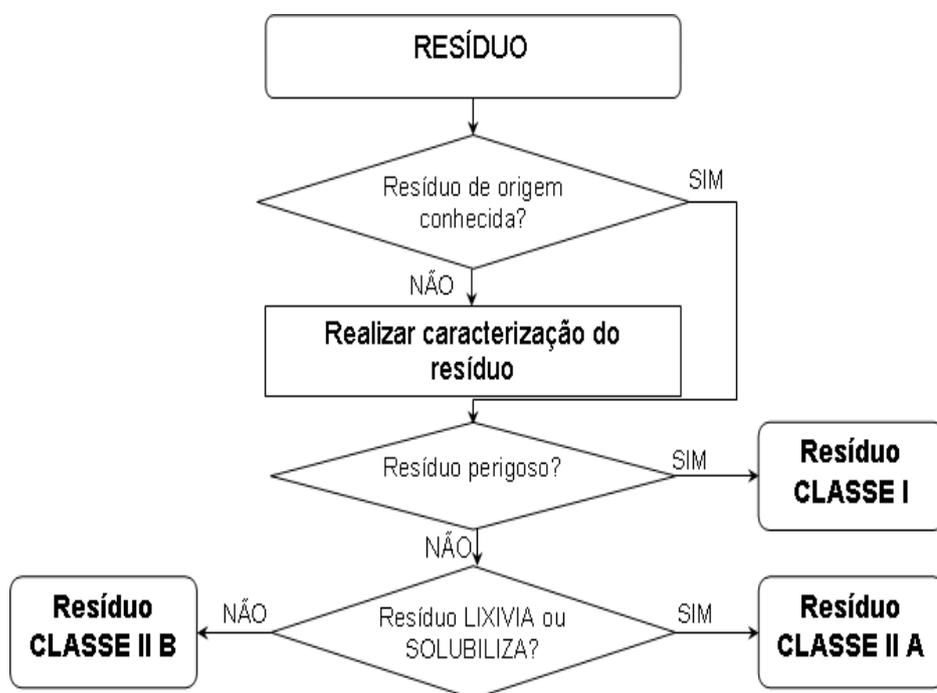


Figura 1 – Caracterização e classificação dos resíduos sólidos.

Fonte: Ghaia (2019)

2.3 Classificação dos resíduos sólidos segundo a fonte geradora

Os resíduos são normalmente gerados a partir de seres humanos e suas atividades antropogênicas. A principal geração de resíduos é proveniente dos setores municipal, industrial e hospitalar (DOURADO, 2014). Conforme Pichat (1995), pode-se classificar os resíduos sólidos, quanto à fonte geradora, em três categorias: resíduos urbanos, resíduos sólidos industriais e resíduos especiais. Todavia, será abordado neste trabalho apenas sobre os resíduos sólidos industriais (RSI).

Os RSI são conhecidos como quaisquer materiais sólidos, líquidos, gases ou misturas indesejáveis e emitidos ou descarregados de qualquer processo industrial. São considerados um dos problemas mais importantes enfrentados por todos os países do mundo devido à sua carga ambiental e toxicidade (GOUVEIA et al., 2010; JACOBI; BENSON, 2006). Estes podem diferir de indústria para indústria de acordo com as matérias-primas utilizadas, os processos de fabricação e as saídas do produto, mas esses tipos de resíduos podem ser categorizados em três formas: sólidos, líquidos e gases.

Nem todos os resíduos são semelhantes, pois eles podem ter frações inorgânicas, frações orgânicas, frações biodegradáveis, substâncias não biodegradáveis, ser recicláveis etc. (GIUSTI et al., 2009). A principal preocupação do tratamento de resíduos industriais é a gestão eficiente dos resíduos líquidos produzidos. Os resíduos líquidos podem ser alcalinos ou ácidos com frações orgânicas e inorgânicas dissolvidas, suspensas ou inseparáveis (SISINNO; OLIVEIRA, 2000).

Conforme a NBR 10.004/04 (ABNT, 2004), os RSI podem ser classificados em: resíduos das indústrias de transformação, os resíduos radiativos e os resíduos agrícolas, descritos a seguir:

- a) resíduos das indústrias de transformação: são os resíduos derivados dos mais diversos tipos e portes de indústrias. São variados e apresentam características diversas, pois dependem do tipo de produto fornecido na empresa, portanto, são estudados caso a caso;
- b) resíduos radioativos (lixo atômico): são os resíduos que emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas brasileiras, geralmente originados dos combustíveis nucleares, que de acordo com legislação que os especificam, são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- c) resíduos agrícolas: são os gerados nas atividades da agricultura e/ou da pecuária, como as embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal. As embalagens de agroquímicos, por conterem um alto grau de toxicidade, estão subordinadas a uma legislação específica.

3. PRINCIPAIS LEIS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E AS TECNOLOGIAS LIMPAS

Segundo Pinto e Quelhas (2011), resíduos Sólidos Industriais (RSI) são resíduos sólidos e semissólidos resultantes do processamento industrial, bem como do desgaste de seus equipamentos e instalações. Existem três principais leis que merecem destaque prioritário em qualquer ramo industrial que gera quaisquer resíduos: Segundo a Norma Regulamentadora nº 12 (BRASIL, 2010) a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/10; Lei 14.026/2020, implantada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico; Lei 9.605/1998 – Lei de Crimes Ambientais.

3.1 Lei 12.305/2010 – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

A Lei 12.305/2010 é um conjunto de diretrizes sobre a gestão dos resíduos sólidos sobre seus princípios, objetivos e instrumentos. Além da gestão integrada e o gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Para as empresas geradoras de resíduos cabe procurar meios de tecnologia limpa para neutralizar as características negativas dos mesmos, além de que podem transformar o resíduo em um produto que gere renda com a produção de uma matéria prima secundária (BRASIL, 2010).

Conforme Heber e Silva (2014), a Lei 12.305/2010 ressalta que essas tecnologias têm que ter sua comprovação técnica e ambiental, além de que se deve implantar um programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental. Nesta lei não se aplica aos rejeitos radioativos, pois os mesmos são regulados por legislação específica.

3.2 Lei 14.026/2020 – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANA é uma entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico, o que inclui abastecimento de água, esgoto, manejo de resíduo sólidos etc. Além de estabelecer regras para sua atuação, sua estrutura administrativa e suas fontes de recursos (BRASIL, 2020).

No ano de 2020, foi aprovada a Lei nº 14.026/2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, a relação regulatória entre a ANA. De acordo com a Lei nº 14.026/2020, a ANA terá as seguintes funções (BRASIL, 2020):

- a) Padrões de qualidade e eficiência na prestação, na manutenção e na operação dos sistemas de saneamento básico;
- b) Regulação tarifária dos serviços públicos de saneamento básico;
- c) Padronização dos instrumentos negociais de prestação de serviços públicos de saneamento básico firmados entre o titular do serviço público e o delegatário;
- d) Metas de universalização dos serviços públicos de saneamento básico;
- e) Critérios para a contabilidade regulatória;
- f) Redução progressiva e controle da perda de água;
- g) Metodologia de cálculo de indenizações devidas em razão dos investimentos realizados e ainda não amortizados ou depreciados;
- h) Governança das entidades reguladoras;
- i) Reuso dos efluentes sanitários tratados, em conformidade com as normas ambientais e de saúde pública;
- j) Parâmetros para determinação de caducidade na prestação dos serviços públicos de saneamento básico;
- k) Normas e metas de substituição do sistema unitário pelo sistema separador absoluto de tratamento de efluentes;
- l) Sistema de avaliação do cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços públicos de saneamento básico;



- m) Conteúdo mínimo para a prestação universalizada e para a sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de saneamento básico.

3.3 Lei 9.605/1998 – Lei de Crimes Ambientais

A Lei de nº 9.605/1998 compõe sanções penais e administrativas para condutas e atividade nociva ao meio ambiente. Podem ser penalizadas tanto pessoas físicas como indústrias e empresas. As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente. São considerados crimes ambientais qualquer forma de armazenamento ou abandono de substâncias tóxicas, perigosas e nocivas à saúde humana e ao meio ambiente, também estão incluídas as condutas capazes de gerar disseminação de pragas, doenças e que possam causar problemas na agricultura e pecuária, com a contaminação da fauna, flora (BRASIL, 1998).

Sendo assim, o empreendedor que quer estar dentro das leis precisa tratar de forma adequada a chegada, manuseio e saída de qualquer resíduo. E seguindo tais leis e regras, além de impulsionar seu negócio e trazer credibilidade para a empresa, evita prejuízos para a mesma (BRASIL, 1998).

3.4 Tecnologias Limpas

Nos tempos atuais, a população possui consciência sobre os danos de suas ações sobre o planeta, principalmente com relação ao meio ambiente, apesar de alguns países ainda não terem adotado a filosofia de preservação do meio ambiente. Esse olhar para a proteção ambiental é evidente em função da quantidade de leis, normas, tratados e protocolos existentes sobre melhores práticas da interferência do Homem no meio ambiente.

Reis (1995) afirma que o comprometimento ambiental chegou para ficar e que a empresa moderna, independentemente de seu porte, estrutura ou setor, tem de adaptar-se aplicando os princípios de gerenciamento ambiental para não perder espaço na competitividade empresarial. Caso contrário, a saída do mercado ou a própria falência parece ser o destino mais provável para quem ficar de fora do processo. Dessa forma, a aplicação de tecnologias limpas visa reduzir os impactos ambientais, o consumo excessivo de matérias-primas e o consumo energético gasto utilizado durante o ciclo produtivo de forma sustentável, ou seja, utilizando de matérias primas renováveis, não utilizando produtos nocivos durante todo o processo produtivo e, principalmente, conservando a biodiversidade.

A tecnologia limpa pode ser aplicada a qualquer forma de negócio ou empresa, mesmo que não sendo focada em sustentabilidade, é simplesmente uma maneira de ter mais consciência ambiental na maneira com que as empresas administram os seus empreendimentos. Alguns exemplos de tecnologia limpa são energia solar, carros elétricos, iluminação LED, compostagem, reciclagem, entre outros.

4. PROCESSO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS E A IMPORTÂNCIA DE UM BOM GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS NA INDÚSTRIA

Grupo Quality Ambiental (2022) noticiou em seu portal na internet que o Brasil, em um ranking da sustentabilidade de 180 países, está no 55º lugar em índice de desempenho

ambiental, segundo um estudo realizado pelo Centro de Política e Lei Ambiental da Universidade de Yale, em conjunto com a Rede de Informação do Centro Internacional de Ciências da Terra da Universidade de Columbia. Esse indicador de desempenho ambiental avalia diferentes parâmetros ambientais, que se agrupam nas mais diversas categorias, como a saúde ambiental, a qualidade do ar, a gestão da água, a biodiversidade, a flora e a fauna, e as mudanças climáticas. Este índice serve de alerta à população sobre o nível de relevância que se dá à educação ambiental.

Para Demirbas (2010), o processo de gerenciamento de resíduos sólidos é o agrupamento e sequenciamento das diversas atividades relacionadas à coleta, transporte, manuseio, tratamento, destinação final, reaproveitamento, reprocessamento e/ou reciclagem desses materiais. Enquanto a definição de Gestão Ambiental, segundo a Norma ISO 14001(2004), está assim descrita:

É a parte do sistema de gestão global que inclui os diversos atores e suas ações práticas e responsabilidades, assim como os processos e recursos para necessários para sua realização, visando desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental.

Visando amenizar a poluição ambiental e otimizar sua gestão a indústria utiliza bastante o conceito dos três “Rs” - reduzir, reutilizar e reciclar-, que visa reduzir a produção de resíduos na fonte geradora, reutilizar objetivando o prolongamento da vida útil dos produtos, reciclar e, principalmente, agregar à cultura dos resíduos sólidos características voltadas à alteração das formas de produção e de consumo sustentável passaram a compor a agenda dos movimentos sociais e do setor público e privado (JACOBI; BESEN, 2006). Com um custo cada vez maior para eliminação de resíduos, se torna claramente um incentivo para promover as boas práticas de gestão de resíduos, tais como estratégias de prevenção da poluição que englobam os três “Rs” (MASSAWE, 2014).

Dias (2010) pondera que as empresas que se focam em operar de acordo com as premissas do desenvolvimento sustentável devem ser economicamente rentáveis, aplicar mecanismos de justiça social e desenvolver ações ambientais em conformidade com as normas jurídicas vigentes. Para esse autor, o processo de implementação de uma gestão ambiental aceitável está estritamente correlacionado com a aplicação das normas ambientais que são definidas pelo sistema de regulação e controle governamental, além daquelas acordadas pela sociedade civil organizada. Contribuindo com esse esforço, a produção mais limpa é uma grande aliada quando se trata do gerenciamento dos resíduos, pois ela visa a aplicação de estratégias técnicas, econômicas e ambiental interligadas aos processos produtivos, produtos e serviços oferecidos pelas plantas industriais.

Para Cheremisinoff (1995 *apud* ANDRADE, 2018), o conceito de Produção Mais Limpa (P+L) se origina a partir da demanda por soluções efetivas para as questões ambientais das organizações que se utilizam de um robusto sistema integrado de gestão ambiental. Corroborando com essa a ideia, a UNEP (2010) considera que a (P+L) busca otimizar a eficiência dos processos produtivos, a partir do aumento do aproveitamento das matérias-primas, redução do desperdício da água, energia e demais recursos escassos, a minimização e ou reciclagem dos resíduos gerados durante o processo. Para atingir esses objetivos, desdobra-se nas seguintes etapas: o planejamento que visa a busca por oportunidades e melhorias; e a implementação, com a avaliação, o estudo da viabilidade e o monitoramento das fases de aplicação.

De acordo com Kiperstok (1999 *apud* Fagundes, 2010), um dos principais elementos que pode contribuir para uma aceleração dos processos de melhoria de performance am-

biental no âmbito das empresas é a capacidade de identificar mudanças tecnológicas que impliquem em contínuas reduções de resíduos. Por sua abordagem preventiva à geração de resíduos (buscando prioritariamente a redução nas fontes geradoras) a P+L traz enfoque especial aos processos produtivos de uma organização, tendo como um de seus pontos mais fortes a análise técnica, ambiental e econômica vinculada à detecção das oportunidades de melhoria, fomentando assim o desenvolvimento sustentável e configurando-se, portanto, como uma importante ferramenta de apoio à Gestão Ambiental das organizações e a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Em geral, para um bom gerenciamento, é necessário aprender a identificar os problemas e então resolvê-los. Com base nisso, é válido acrescentar que operações de manutenção bem-sucedidas levam a grandes benefícios, como redução de tempo desperdiçado, aumento da produtividade e permanência da qualidade funcional dos produtos (TEXEIRA et al., 2004).

Em consonância com as ideias acima, Nascimento (2011) enfatiza a importância da utilização da ferramenta denominada Ciclo de Deming, cuja sigla PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) (BEZERRA, 2014). Esta ferramenta por sua vez, define os estágios do processo que se caracteriza por sua versatilidade e dinâmica podendo ser implementada em cada um dos processos realizados em uma organização (ANDRADE, 2003).

Toda e qualquer decisão deve atender a critérios técnicos e estar em harmonia com todos os objetivos organizacionais. As decisões devem estar de acordo com as estratégias adotadas pela organização, visando enfrentar os desafios que o mercado impõe, de forma a minimizar os riscos, prevenir falhas e proporcionar maiores ganhos. Nesta perspectiva o Ciclo PDCA, desenvolvido por W. Edwards Deming, em 1950 e ampliado em 1996 e 2009, é uma metodologia que utiliza a estratégia de Controle Total de Qualidade (*Total Quality Control -TQC*) – um sistema que tem como objetivo superar as expectativas de todos os interessados em um determinado projeto. Dessa forma, a metodologia foi criada para aprimorar a qualidade em todos os processos organizacionais, envolvendo, assim, funcionários, clientes, distribuidores e outros parceiros de negócios (BEZERRA, 2014). Assim, o ciclo PDCA (Figura 2) entra por meio de sua estratégia como um dos meios para ajudar a melhorar o desperdício indevido dos materiais (ANJOS et al., 2012). Ele é uma das ferramentas mais eficaz para as organizações que buscam está sempre “bem vistas” aos olhos dos investidores, funcionários e consumidores, possui 5 etapas fundamentais (BEZERRA, 2014): P (do inglês – *Plan*) = Planejamento; D (do inglês – *Do*) = Execução; C (do inglês – *Check*) = Verificação; A (do inglês – *Act*) = Ação.



Figura 2 – Etapas fundamentais do Ciclo PDCA

Fonte: Gonçalves (2019)

- **Etapa 1: Plan** - Planejamento: nessa etapa será definido todas as metas a serem alcançadas, planejar ações, identificar tendências e também deve conter o plano de ação para resolução de problemas comuns que podem surgir (BEZERRA, 2014).
- **Etapa 2: Do** – Execução: antes de qualquer ação é importante que todos os envolvidos no processo em questão estejam treinados para executar tudo conforme o planejado. Após isso é hora de colocar o plano em ação de acordo com o planejado, estando sempre em alerta para possíveis contratemplos que podem surgir (BEZERRA, 2014).
- **Etapa 3: Check** – Verificar: monitoramento de cada atividade executada, avaliando se a equipe está fazendo tudo conforme planejado ou se será preciso ajustar algo (BEZERRA, 2014).
- **Etapa 4: Act** - Agir: nesta última etapa, será aplicado o plano de ação, caso o planejamento tenha saído todo perfeito. Entretanto, se ao fim do ciclo ainda for identificado falhas, é o momento de analisar o que está impedindo de alcançar as metas. Após essa análise de dados, é preciso agir para chegar às ações necessárias para que o ciclo seja aplicado sem erros. Então, terá que reiniciar o PDCA até que todas as metas estipuladas no planejamento sejam alcançadas (BEZERRA, 2014).

Para que uma empresa tenha sucesso garantido em todo o seu planejamento o ciclo PDCA ajuda na análise e correção de possíveis contratemplos que podem vir a gerar durante a execução. É de suma importância que todas as empresas comecem a aderir cada vez mais o ciclo, pois sua taxa de sucesso é 99.9%.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do presente estudo, nota-se que o tema meio ambiente está difundido nos setores mais diversos da sociedade e conseqüentemente, isso vem gerando a tomada de consciência da população, de modo que a maioria dos cidadãos que possui tal consciência se responsabiliza pela manutenção de um ambiente sustentável e exige o mesmo. Assim, partir da preocupação com a sustentabilidade e a preservação ambiental, diversas leis e normas foram criadas a fim de se evitar ainda mais o desgaste ambiental e seu terrível dano.

Esse estudo possibilitou demonstrar que a gestão dos resíduos sólidos se tornou mais presente nas empresas, a fim de evitar multas ou sua interdição. Nesse contexto, as empresas aderiram o gerenciamento como uma oportunidade de melhorar a sua imagem e ratificar o seu compromisso com o meio ambiente perante os clientes e demais partes interessadas em seus processos, produto e serviços.

Assim, o desenvolvimento sustentável deve ser uma meta a ser alcançada pelos setores privado e público e pela sociedade em geral como compromisso no presente visando às gerações futuras. Visto que a melhor forma de evitar problemas futuros, as empresas empregam cada vez mais dentro dos diversos setores a P+L como forma de melhor gerenciar, visando manter a área de trabalho limpa, adequadamente organizada e ambientalmente correta, além de, vantagem competitiva, pela redução de custos operacionais, seja pela redução dos desperdícios, seja pela redução de impostos.

A associação da gestão dos resíduos industriais e as tecnologias limpas integram-se de forma positiva para a melhoria contínua e sustentabilidade do meio ambiente, além de permitir que a empresa continue com sua total funcionalidade operacional e atuando em conformidade com as normas jurídicas vigentes.



Referências

- ANDRADE, F. F. **O Método de Melhorias PDCA**. 2003. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos sólidos - classificação**. Rio de Janeiro, 2004.
- BEZERRA, F. **Ciclo PDCA: Conceito e aplicação**. 2014.
- BRASIL, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**.
- BRASIL, Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)** competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento.
- BRASIL, Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**
- BURKE, P. **Uma história social do lixo**. Folha de Paulo, São Paulo, 9 dez. 2001. Mais, p.15.
- DEMIRBAS, A. Waste management, waste resource facilities and waste conversion processes. **Elsevier / Energy Conversion and Management**, 2010. p.1280-1287.
- DOURADO, J. **Resíduos Sólidos no Brasil**. USP. Ed. Manole. São Paulo. 2014.
- FIORENTIN, O. **Uma proposta de consórcio para gerenciamento de resíduos sólidos urbanos na unidade de receita da Costa Oeste pela Companhia de Saneamento do Paraná**. 2002. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GIUSTI, L. A review of waste management practices and their impact on human health. **Waste Manag**, 29(8): 2227-2239, 2009.
- GOUVEIA, N.; PRADO, R. R. Riscos à saúde em áreas próximas a aterros de resíduos sólidos urbanos. **Rev Saúde Pública**, 44(5):859-866, 2010.
- GRUPO QUALITY AMBIENTAL. **180 países no Ranking da Sustentabilidade. E o Brasil na lista?** Disponível em: <<https://grupoqualityambiental.com.br/2020/07/05/180-paises-no-ranking-da-sustentabilidade-e-o-brasil-nalista/>>. Acesso em: 10. Maio. 2022.
- HEBER, F.; SILVA, E. M. da. Institucionalização da Política Nacional de Resíduos Sólidos: dilemas e constrangimentos na Região Metropolitana de Aracaju (SE). **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, RJ, v. 48, n. 4, p. 913 a 937, 2014.
- JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo - avanços e desafios. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.20, n.2, 2006.
- MASSAWE, E. et al. Voluntary Approaches to Solid Waste Management in Small Towns: A Case Study of Community Involvement in Household Hazardous Waste Recycling. **Journal of Environmental Health**, v. 76, n. 10, jun. 2014.
- NETO, P. N. **Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas**. São Paulo: Atlas, 2013.
- PHILIPPI JUNIOR, A.; AGUIAR, A. O. **Resíduos sólidos: características e gerenciamento. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Tradução . Barueri: Manole/USP, 2005.
- PICHAT, P. **A gestão dos resíduos**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.
- PINTO, L. D.; QUELHAS, O. L. G. **Modelo de análise de riscos aplicada na gestão de resíduos sólidos industriais**. VII Congresso nacional de excelência em gestão, agosto, 2011.
- REIS, M. J. L. ISO 14000: **gerenciamento ambiental: um novo desafio para a sua competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.
- SAIANI, C. C. S. **Resíduos Sólidos no Brasil**. USP. Ed. Manole. São Paulo. 2014.
- SANTOS, A. L.; PINTO, C. H.C; CATUNDA, C. M. M. **Percepção da legislação ambiental, gestão e destinação final dos RCD – resíduos da construção e demolição: um estudo de caso em Parnamirim/Brasil**. HOLOS [Online], v. 2, 2015.
- SISINNO, C. L.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos Sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz; 2000.

TEIXEIRA, S. C. M. **Estratégias de gestão de resíduos sólidos urbanos**. Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, 2004.



55

GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAS E SUA GESTÃO NAS BARRAGENS

*MANAGEMENT OF INDUSTRIAL WASTE AND ITS
MANAGEMENT IN DAMS*

Victor José Lopes Silva

Amanda Mickelly Azevedo Vieira

Mirlla Correia Lima Lica

Resumo

O gerenciamento de resíduos é de suma importância, visto que as empresas que o fazem de forma adequada conseguem obter várias vantagens como a de diminuir suas despesas. Na mineração, por ser uma atividade que explora os recursos naturais, minimizar os impactos ambientais se torna imprescindível e, por isso, se deve buscar constantemente novas formas de reutilizar esses resíduos industriais. Rejeitos esses que são dispostos em barragens onde que, por eventuais ocasiões de má gestão, acabam ocasionando acidentes por isso a construção dessas barragens deve ser feita de forma minuciosa para evitar acidentes e destruição do meio ambiente, por isso leis e normas devem ser criadas para fazer com que as empresas tenham mais responsabilidades assim como saberem qual a melhor forma de gerir, projetar e fiscalizar melhor esse tipo de construção. Neste trabalho é apresentado a gerenciamento de resíduos industriais na gestão das barragens assim como os impactos da má gestão dessa forma foram pesquisados diversos autores para o desenvolvimento do tema abordado.

Palavras-chave: Gerenciamento de resíduos. Barragem. Rejeitos.

Abstract

Waste management is of paramount importance, as companies that do it properly manage to obtain several advantages such as reducing their expenses. In mining, as it is an activity that exploits natural resources, minimizing environmental impacts becomes essential and, therefore, one must constantly seek new ways to reuse these industrial wastes. These tailings are disposed of in dams where, due to occasional mismanagement, they end up causing accidents. make companies have more responsibilities as well as know the best way to better manage, design and supervise this type of construction. This work presents the management of industrial waste in the management of dams as well as the impacts of poor management. In this way, several authors were researched for the development of the theme addressed.

Keywords: Waste management. Dam. Waste.

1. INTRODUÇÃO

A demanda mundial por minérios só cresce ao longo dos anos por consequência do avanço econômico e tecnológico, existe um aumento expressivo de volume do minério rejeitado à medida que a produção mineral cresce durante a lavra e beneficiamento, sendo assim, mostra-se necessário reter com segurança essas grandes quantidades de rejeitos. Para reter esses rejeitos foram criadas as barragens de rejeitos, o procedimento mais utilizado é o método a montante, método esse que já ocasionou diversos acidentes, por ser um método com um custo mais baixo, o rejeito é alteado com os próprios resíduos e por muitas vezes não terem um supervisionamento adequado acabam rompendo. Portanto se fez necessário a criação de normas e leis para assim fazer com que as empresas soubessem qual a melhor forma de gerenciar esses resíduos e que também caso não o fizessem penalidades seriam aplicadas, visto que são grandes os impactos devidos a má gestão, a normas e leis estão diretamente ligadas ao gerenciamento adequado já que elas auxiliam as empresas como devem tratar e dispor os rejeitos de forma sustentável tentado ao máximo reduzir os impactos ambientais e sociais.

Sendo assim, é de extrema importância discutir sobre o tema proposto, por isso no decorrer deste trabalho foi apresentado as barragens e quais os seus métodos utilizados, os impactos da má gestão bem como os gerenciamentos dos resíduos de mineração e as normas e leis existentes, sendo assim conceitos foram apresentados, com o auxílio de diversos autores em algumas de suas explicações, projetado para reunir informações em relação às atividades realizadas nas unidades industriais, resíduos armazenados e impactos fatores ambientais e socioeconômicos decorrentes de rompimentos de barragens, e a magnitude desses efeitos de uma perspectiva de mudança da cobertura da terra.

Esta pesquisa se justifica por eventos recentes, como o rompimento das barragens de Brumadinho e Mariana, que impactam direta e indiretamente as sociedades que vivem no entorno desses lugares, sendo assim a pesquisa nesse segmento se mostra de extrema importância.

Essa pesquisa se tratou de um trabalho de Revisão de Literatura, todas as informações coletadas foram buscadas em artigos, revistas e reportagens, foi elaborada uma coleta de dados acerca das barragens de rejeitos e a gestão dos resíduos industriais, que colaboraram para a origem do desenvolvimento deste trabalho. Foram selecionados por meio das consecutivas bases de dados: google acadêmico, portais do Governo e Institutos como o Instituto Brasileiro de Mineração IBRAM etc. Os períodos dos artigos foram os publicados nos últimos 40 anos. As palavras-chaves que foram buscadas foram: Barragens, rejeitos de mineração e resíduos industriais.

2. BARRAGEM DE REJEITOS E OS IMPACTOS DA MÁ GESTÃO

Os rejeitos são contidos em barragens com o objetivo de manter os rejeitos sólidos e a água dos procedimentos de beneficiamento do minério as barragens de rejeitos são realizadas em estágios, na proporção que os rejeitos são formados, os custos de construção e operação são reduzidos. A construção para a contenção começa pelo levantamento de um dique de partida com o solo de empréstimo, de modo que, tenha uma capacidade para reter os rejeitos por dois ou três anos de procedimentos de lavra, as etapas seguintes (alteamento) podem ser construídas juntamente com o material de empréstimo, deposição, estéreis, hidráulica de rejeitos como também por ciclonagem dos próprios rejeitos

(VICKI, 1983). As técnicas de alteamento são comumente classificadas em três tipos: método jusante, método de linha de centro e método a montante, nomes esses que se correlacionam com a direção em que os alteamentos são realizados em ligação ao dique inicial (VALE, 2019).

2.1 Alteamento a jusante

Neste procedimento (figura 1) os alteamentos são postos por cima dos níveis anteriores e o eixo da barragem erguida a jusante de linha de centro origina uma estrutura bem mais volumosa e normalmente mais forte, esse tipo de método é o que tem o maior custo e o que tenha uma maior segurança (DUARTE, 2008). Neste procedimento os rejeitos grossos usados, e a barragem são planejadas para elevadas alturas, acrescentando regulamente, no processo de alteamento o método de impermeabilização e drenagem (SOARES, 2010).

Durante a fase de construção, cada elevação deve ser estruturalmente desvinculada da disposição dos rejeitos, aumentando assim o controle da estrutura. Todo o alteamento da barragem pode ser estruturado com o mesmo material do dique inicial, podendo também ser instalado um sistema de drenagem interno durante o processo de elevação, proporcionando um mais adequado controle do lençol freático (RAFAEL, 2012).

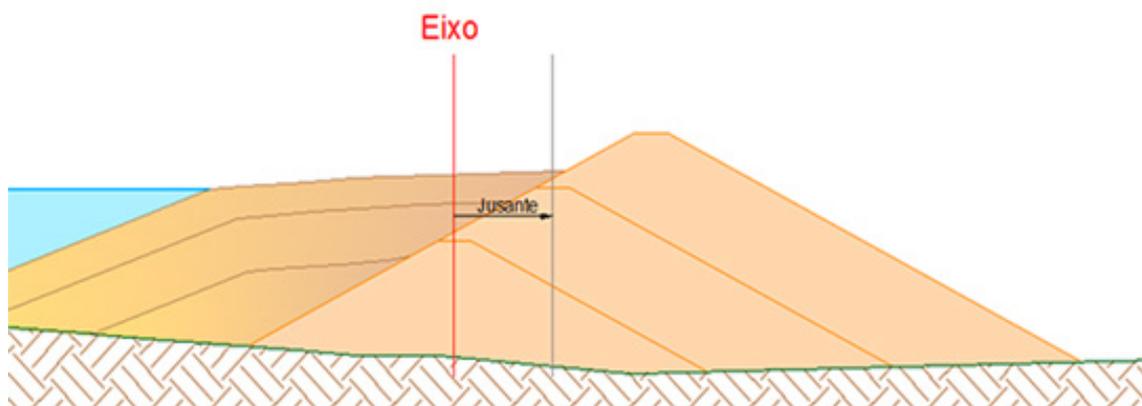


Figura 1 - Método de Jusante

Fonte: Vale (2019)

2.1.1 Método de linha de centro

De acordo Rafael (2012), o método linha de centro dispõe de uma segurança maior que a barragem levantada exclusivamente com o método à montante, e não demandando de um grande volume de materiais tão expressivos assim como no método à jusante. Este método se assemelha ao método jusante, os alteamentos são construídos na parte superior dos níveis antecedentes, só que a direção da montagem terá sua direção posicionada para cima e para fora, isto é, o seu eixo da barragem permanecerá na mesma posição durante a sua elevação (ARAÚJO, 2006). A princípio é construído um dique de partida, e os rejeitos serão dispostos a montante gerando assim uma praia o alteamento consecutivo é feito posicionando os rejeitos por cima da praia que foi formada anteriormente e colocada também sobre o talude de jusante do dique de partida (SOARES, 2010). A figura 2 demonstra o procedimento de construção de uma barragem de linha de centro.

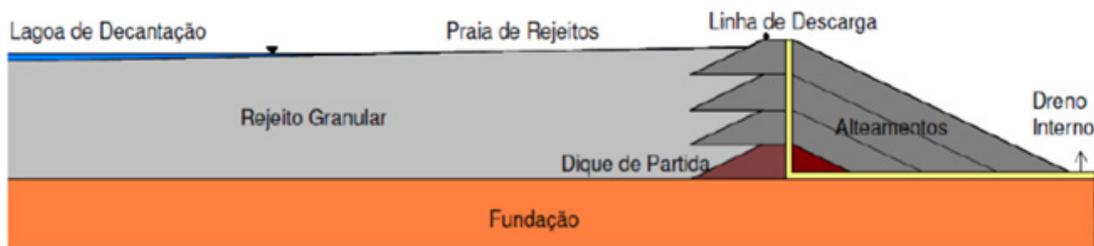


Figura 2 - Método Linha de Centro

Fonte: Albuquerque Filho (2004)

2.1.2 Método à montante

Nesse tipo como é apresentado na figura 3 o corpo da barragem é construído com a utilização do rejeito por meio de alteamentos contínuos por cima do próprio rejeito ali disposto onde o eixo da barragem se move para montante. Nos seguintes estágios, são construídos dique em volta da área da bacia, as dimensões dos diques nos alteamentos iram depender de acordo com as necessidades da mina, o dique inicial normalmente será maior que os diques das fases posteriores (LOZANO, 2006).



Figura 3 - Método à Montante

Fonte: Vale (2019)

Segundo Chambers e Higman (2011) o método a montante é o que tem uma menor segurança devido as estruturas de alteamento se mantêm por cima do próprio rejeito e assim chegam da usina de beneficiamento, ainda iram continuar saturados por um grande tempo, devido a essa saturação o rejeito se torna mais vulnerável a liquefação quando acometido aparições de atividades sísmicas. A construção dessas barragens não deverá ser realizada em alturas elevadas, e a velocidade em que os alteamentos são feitos dependera da maneira que se é colocada os rejeitos, pois a resistência da barragem irá depender da mobilidade dos rejeitos, que é organizada pelas pressões neutras (SOARES, 2010). Mesmo esse método tendo um menor custo e ser um procedimento simples, esse tipo de barragens está ligado à diversos casos de ruptura ocasionando diversos acidentes que acarretaram sérios problemas ambientais e sociais (ICOLD, 1989 apud ALBUQUERQUE FILHO, 2004).

2.2 Impactos da má gestão

Com a crescente exploração a quantidade de rejeitos que não tem um valor econômico só tendem a aumentar, e por esse motivo são descartados nas barragens. E como esse material descarto só aumenta os riscos associados a barragens que não tem um cuidado devido, o que acaba trazendo riscos sociais e ao meio ambiente, sendo assim, dever ser implementado de maneira criteriosa, e de acordo com os procedimentos de segurança e com o gerenciamento ambiental devido (SOBREIRA et al., 2016).

2.2.1 Rompimento da barragem de Fundão Mariana

Esse rompimento liberou aproximadamente 60 milhões de metros cúbicos de lama de rejeito de minério, o que acarretou mortes de 19 pessoas devastando centenas de casas, e em decorrência disso deixou milhares de pessoas desabrigadas (MACHADO, 2016). Essa barragem era designada para reter os rejeitos do método de beneficiamento do minério de ferro executado pela empresa Samarco, dirigido peça anglo-australiana BHP Billiton Brasil Ltda. e pela Vale S.A. (D' AGOSTINO, 2015). Essa teve um rompimento que causou uma espécie de efeito e, dominó que provocou o derramamento da Barragem de Santarém, que é situada na área da empresa, que a utilizava para o acúmulo de água e reter os rejeitos (SEMAD, 2016). Como pode ser observado a localização da barragem na figura 4.

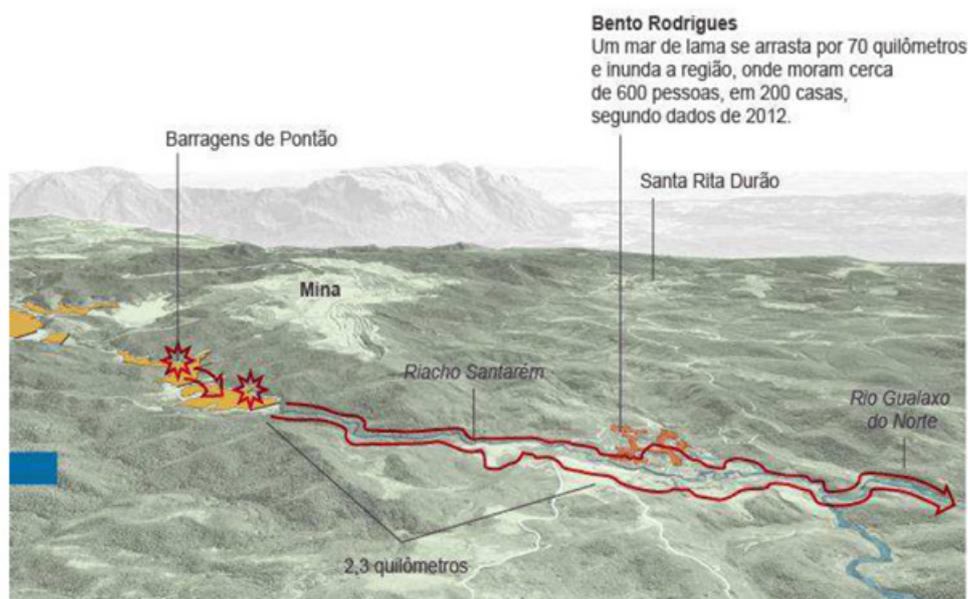


Figura 4 - Localização da barragem de Fundão

Fonte: Catalán/ El País (2015)

Os rejeitos tinham como composição especialmente de oxido de ferro, água e lama, que criaram um tipo de cobertura pelos locais que passou, destruindo matas ciliares, e no momento que secarem o que de acordo com estudo levará anos, irar formar uma espécie de material com aparência de cimento, pobre em matéria orgânica, o que impossibilitara o crescimento da flora e conseqüentemente na fauna. Fora isso, por conta da sua composição, a lama acabou afetando o pH da terra que causou a desestruturação química da área (SANTOS, 2015).

2.2.2 Rompimento da barragem de Brumadinho

A Barragem de rejeitos da Vale em Brumadinho que se rompeu era situada em Minas Gerais causou um dos maiores desastres de rejeitos do Brasil e o segundo maior do século. A barragem teve seu início em 1976 e era classificada de baixo risco, porém com alto risco capacidade de dano. O desastre ocorreu quando a Barragem um da mina Córrego do Feijão se rompeu, criando uma enorme onda de rejeitos de minério de ferro que invadiu rios e cidades da região. Com base nas imagens das câmeras instaladas no local, estima-se que a velocidade da lama tenha atingido 80 quilômetros por hora (FRANCO, 2019).

O rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho resultou em alterações significativa na cobertura do solo. Essas modificações concedem uma avaliação mais integrada e realista do impacto dos desastres para indicar alguns dos principais impactos socioeconômicos e ambientais da tragédia. Quando os rejeitos atingem a parte inferior do terreno, o escoamento pode levar à contaminação dos recursos hídricos, como em aconteceu Rio Paraopeba (G1, 2019). Na figura 5 mostra como ficou o rio ficou após o rompimento.



Figura 5 - Vista do rio Paraopeba cheio

Fonte: Washington Alves/Reuters (2019)

Além da poluição e da contaminação, a mesma drenagem residual também destruiu cardumes de peixes, possivelmente devido ao aumento da carga de sedimentos. Além disso a poluição acabou afetando a sobrevivência de comunidades tradicionais localizadas na maré baixa, prejudicando o abastecimento de água em áreas urbanas, como aconteceu na parte da região metropolitana de Belo Horizonte, capital de Minas Gerais (PEREIRA, 2019).

3. NORMAS E LEIS

Para Paniago (2016), todas as empresas sendo elas de grande, médio ou grande porte já possuíam alguns itens de segurança das barragens em seu dia a dia, mas algumas melhorias tiveram que ser implementadas com o aparecimento da Lei 12.334, de 20 de

setembro de 2010, empresas que não praticavam a mesma ideia em sua criação precisaram se adequar seguindo a legislação vigente e seus eventuais regulamentos. Essa Política tem como sua principal função assegurar que as obrigações da lei sejam cumpridas com o devido rigor de segurança, regulamentar e executar o monitoramento e acompanhar as práticas de segurança aplicadas pelos devidos responsáveis pelas barragens. Para assim diminuir a probabilidade de acidentes e os danos que causam a população das áreas vizinhas como também problemas ao meio ambiente.

Os motivos que acarretaram a criação da Lei nº 12.334/2010 se dá pela identificação das grandes dificuldades de organização das barragens, devido a situação de negligência de várias barragens ao redor do Brasil, que apresentavam problemas de construção e de fragilidade em seus projetos bem como o controle das estruturas existentes. No Nordeste, as barragens eram projetadas para maximizar o aproveitamento dos vales, criando grandes reservatórios. A concepção desses projetos prioriza a água para o consumo humano e a água para animais, sendo as atividades de irrigação e geração de energia consideradas atividades secundárias (PANIAGO, 2016).

A Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) precisa conter informações técnicas da barragem, assim como elementos de construção, manutenção, operação e a análise da situação de segurança da qual se encontra a barragem, que pode ser alcançado por meio de averiguações realizadas. Esse procedimento deve servir como um instrumento de planejamento de controle de segurança de barragens e deve ser melhorado a cada inspeção, acrescentando seus requisitos e sugestões, se necessário, e com base em revisões regulares de segurança de barragens. Toda barragem deve ter um PNSB de acordo com sua especificação de risco (PANIAGO, 2016).

Além da PNSB, é válido mencionar também a Norma Regulamentadora nº22 (BRASIL,1978) sobre Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, onde em seus artigos menciona que os depósitos de estéril, rejeito ou de produtos e as barragens deveram ter sempre o monitoramento de um profissional competente como também possuir uma supervisão da percolação da água e de sua movimentação, estabilidade e do comprometimento do lençol freático. A legislação estabelece ainda que a inspeção deve ser realizada de forma recorrente e apropriada para cada tipo de barragem, conforme o nível de risco, de “A” a “E”, onde a “A” de risco elevado e “E” de menor especificação de risco possível (PINHEIRO, 2015).

De acordo com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), classifica-se categorias de riscos de acordo com as suas especificações técnicas, especificações essas que são os estados de conservação e plano de segurança da barragem. Com relação ao Dano Potencial Associado (APD), é válido mencionar que este apresenta uma classificação que relaciona a quantidade de rejeitos em um reservatório com os impactos sociais, ambientais e econômicos. Por fim, o plano de segurança de barragens classifica a situação do projeto entre (básico, executivo ou conceitual) com base na disposição organizacional e competências dos técnicos, criação de manuais e mecanismos de averiguações e fiscalização de segurança, Planos de Ação Emergencial (PAE) e instrumentos para revisão de relatórios de monitoramento e análise de segurança.

4. GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS DA MINERAÇÃO

Para Paulino (2021) a gestão de resíduos nada mais é elemento essencial para alcançar a tão desejada sustentabilidade ambiental, sendo assim, nasce a necessidade de gerenciar com eficácia o método de geração de resíduos o manuseio e disposição final desse material. Sendo assim, foi criado a Lei nº 12.305, de 2 agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que



vem implementar A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), procurou-se instituir por intermédio de diretivas referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos, mostrando princípios, metas e recursos a fim de orientar a prática de costumes sustentáveis de consumo, reutilização, reaproveitamento e de reciclagem da geração de resíduos sólidos, assim como a destinação adequada as normas ambientais.

4.1 Sistema de disposição de rejeito

Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) a disposição de rejeitos em reservatórios realizados por diques de contenção ou barragens é o procedimento mais usualmente utilizado. Nesses diques ou barragens podendo ser de solo natural ou serem levantados com os próprios rejeitos, onde serão consideradas como barragens por alteamento de rejeito, e as que forem de solo natural, serão classificadas como barragens convencionais. Uma grande quantidade de rejeitos irá ser conduzida para as áreas de disposição onde terão um teor de água de 10% a 25% de sólidos.

Vale salientar que além dos aspectos específicos da de preparação e de segurança, é importante que o reservatório gerado para conter o material esteja estanque para impossibilitar infiltrações dos efluentes perigosas as propriedades das águas como soluções tendo cianetos, metais pesados ou até mesmo com o pH com ácido elevado. Casos esses que devem ter investigação geológico-geotécnica que serão de vasta relevância, se necessário deverá ser feita a impermeabilização do solo. (IBRAM, 2016).

4.2 Sistema de disposição de rejeito estéreis

Segundo IBRAM (2016), até o ano de 2010, as normas ABNT que regem essas atividades específicas no setor eram: ABNT NBR 13028 Mineração – Desenvolvimento e apresentação de projetos de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e armazenamento de água; e ABNT NBR 13029 – Mineração – Deposição de estéril Elaboração e apresentação do projeto. A partir de 2010, no que diz respeito às práticas de gestão de depósitos de estéril, a exemplo dos projetos de barragens de rejeitos, as exigências legais e os regulamentos estabelecidos facilitam a adoção de normas técnicas de segurança e precaução para os riscos e impactos ambientais dos projetos de aterros.

Com isso, programas e práticas operacionais de despejo ou empilhamento de resíduos vêm incorporando padrões geotécnicos para prevenir e controlar esses depósitos, bem como restaurá-los durante a fase de desligamento. A diminuição dos depósitos de estéril também vem sendo exercida como um procedimento de aproveitamento de boa parte do estéril na restauração de voçorocas e preenchimento de cavas exauridas de minas (IBRAM, 2016).

Para Barreto (2001), as estratégias de gerenciamento ambiental das empresas de mineração têm em seus princípios básicos: análise de danos ambientais, reparação ambiental, acompanhamento ambiental, cuidado ambiental, projeto para acompanhamento ambiental, plano diretor de meio ambiente, plano para redução de resíduos e reciclagem, projeto de pesquisa e gestão de risco, planejamento de precauções emergências projetos de comunicação (pesquisas ambientais, desenvolvimento de relações públicas, treinamento, de educação ambiental), dentre outros.

Segundo Araújo, Santos e Ferreira (2012), é de extrema importância a existência de um plano de gerenciamento de resíduos de mineração, pois visa gerenciar os impactos no

solo, na água e no ar decorrentes do descarte inadequado de resíduos. As prioridades de gestão devem ser: eliminação ou redução da geração na fonte, recuperação, tratamento e disposição final adequada.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como vimos no decorrer do trabalho a importância do gerenciamento dos resíduos industriais em especial sobre as barragens, foram abordadas informações acerca dos impactos dos resíduos industriais bem como o funcionamento das barragens da indústria de mineração, foi mencionado também os riscos que as barragens podem ocasionar e os impactos da má gestão, no Brasil as barragens são as mais utilizadas para a contenção de rejeitos, mesmo possuindo vários métodos para reter esses rejeitos o método à montante é o mais utilizado por apresentar menor custo de produção mas em contrapartida é o que mais provocam acidentes por rompimento como os acontecidos em Mariana e Brumadinho. Devido a grande quantidade de resíduos provenientes de atividades industriais se fez necessário o gerenciamento adequado dos resíduos o manuseio bem como seu destino, dessa forma no ano de 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos foi criada para que as empresas geradoras de resíduos pudessem destinar e reaproveitar os resíduos de forma adequada dentro das normas ambientais vigentes, devido as empresas possuírem responsabilidades as empresas avançaram muito no reaproveitamento dos resíduos como o a reciclagem e o uso dos resíduos para matérias-primas secundárias fazendo com que as empresas cortem custos e acabe obtendo lucros na linha final de produção, dessa forma as empresas e os órgão competentes sempre devem buscar novas formas de reaproveitar ou despejar esses rejeitos de forma adequada pois um gerenciamento de resíduos se feito corretamente trazem condições de segurança mais adequada evitando assim possíveis acidentes.

Referências

ALBUQUERQUE FILHO, L. H. **Avaliação do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de piezocone**. 2004. 192 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, UFOP, Ouro Preto, MG.

ARAUJO, C. B. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE BARRAGENS DE REJEITO DE MINERAÇÃO DE FERRO**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2006.

ARAUJO, M. M.S.; SANTOS, H. I. dos; FERREIRA, O. M. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos da mineração Serra Grande S.A., Município de Crixás - Goiás**. 1989. 180 f.. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental – Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2012.

BRASIL. Decreto-lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. **Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4o da Lei no 9.984, de 17 de julho de 2000**. Coletânea de legislação: edição federal, Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12334.htm>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NBR nº 13.028 (Mineração – Elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos, contenção de sedimentos e reservação de água – requisitos**. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/abnt-publica-atualizacao-da-nbr-13028/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho. NR 22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração**. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr22.htm>. Acesso em: 20 abr. 2022.



- BARRETO, M. L. **Mineração e Desenvolvimento Sustentável: Desafios para o Brasil**, 2001. 3 ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p.
- CHAMBERS, David M.; Higman, Bretwood. **LONG TERM RISKS OF TAILINGS DAM FAILURE**. Seldovia, USA: 2011.
- D'AGOSTINO R. **Rompimento de barragem em Mariana: perguntas e respostas**. Portal G1, 13 nov 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/11/rompimentode-barragens-em-mariana-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em 15 abr. 2022
- DUARTE, A. P. **Classificação das Barragens de Contenção de Rejeitos de Mineração e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais em Relação ao Potencial de Risco**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- FRANCO, Luiza. **Tragédia em Brumadinho: os 30 minutos em que a lama avançou sem alerta**. BBC, 2019. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-47149958#:~:text=Trag%C3%A9dia%20em%20Brumadinho%3A%20os%2030%20minutos%20em%20que%20lama%20avan%C3%A7ou%20sem%20alerta,-Luiza%20Franco>>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- IBRAM. **Gestão e Manejo De Rejeitos da Mineração**. 2016. Disponível em: <<https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Gestao-e-Manejo-de-Rejeitos-da-Mineracao-2016.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2022.
- LAMA de barragem da Samarco chega ao mar**. El País, 2015. Disponível em: <https://brasil.elpais.com/brasil/2015/11/23/album/1448301345_943414.html>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- MACHADO, V. **Samarco sabia dos riscos antes de desastre, diz delegado da PF**. Portal G1, 22 jun 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/desastre-ambiental-no-riodoce/noticia/2016/06/samarco-sabia-dos-riscos-antes-de-desastre-diz-delegado-da-pf.html>>. Acesso em 15 abr. 2022.
- Ministério do Desenvolvimento Regional Secretaria Nacional de Segurança Hídrica Departamento de Recursos Hídricos e Revitalização de Bacias Hidrográficas **Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH**.
- LOZANO, F. A. E. **Seleção de Locais para Barragens de Rejeitos Usando o Método de Análise Hierárquica**. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotécnica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- O QUE são barragens**. Vale. Disponível em: <[https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Comissoes/CMA/links/mineracao/Hiperlink_03__Apendice_IV__Gestao%20de_Residuos_em_Atividades_Mineral_rias_Assinado.pdf](http://www.vale.com/brasil/PT/aboutvale/servicos-para-comunidade/minas-gerais/atualizacoes_brumadinho/Documents/PT/entenda-as-barragens-da-vale-pt.html#:~:text=Entenda%20os%20tipos%20de%20barragens&text=%C3%80%20medida%20que%20a%20barragem,-modelo%20convencional)%20e%20a%20montante.>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.</p>
<p>PAULINO, R. Gestão de Resíduos em Atividades Minerárias. 2021. Disponível em: <. Acesso em 20 abr. 2022.
- PANIAGO, L. **Guia Completo de Legislação de Segurança de Barragens**. Belo Horizonte: Instituto Minere, 2016, 62 p.
- PEREIRA, Luís Flávio *et al.* **Impactos do rompimento da barragem de rejeitos de Brumadinho, Brasil: uma análise baseada nas mudanças de cobertura da terra**. Journal of Environmental Analysis and Progress. Minas Gerais: v. 04, n. 02 (2019) 122-129. ISSN: 2525-815X.
- PINHEIRO, E. **Perigo potencial também em Goiás**. O Popular, 22 nov 2015. Disponível em: <<https://www.opopular.com.br/editorias/cidade/perigo-potencial-tamb%C3%A9m-emgoi%C3%A1s-1.993089>>. Acesso em 19 abr. 2022.
- RAFAEL, H. M. A. M. **Análise do potencial de liquefação de uma barragem de rejeito**. 2012. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro, RJ.
- SANTOS, V. S. **Acidente em Mariana (MG) e seus impactos ambientais**. 2015. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/acidente-mariana-mg-seus-impactosambientais.htm>>. Acesso em 15 abr. 2022.
- SEMAD. **Desastre Ambiental em Mariana e Recuperação do Rio Doce**. 2016. Disponível em: <<http://www.meioambiente.mg.gov.br/component/content/article/13-informativo/2879-desastreambiental-em-mariana-e-recuperacao-da-bacia-do-rio-doce>>. Acesso em 22 abr. 2022.
- SOARES, L. Barragem de Rejeitos. In: CETEM/MCT. **Tratamento de Minérios**. 5 ed., Rio de Janeiro: Luz, A. B.; Sampaio, J. A.; França, S. C. A., 2010. p. 831-896.

SOBREIRA, P. A.; FERREIRA, R. M.; CAMPOS, F. I. **Responsabilidade Socioambiental das Barragens de Rejeitos do Estado de Goiás**. Revista Republicana, Colombia, n. 21, p. 21-41, 2016.

TRAGÉDIA em Brumadinho; FOTOS. G1, 25 de jan. de 2019. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2019/01/25/barragem-da-vale-se-rompe-em-brumadinho-mg-fotos.ghtml>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.

VICK, S. G. **Planning, design and analysis of tailing dams**. New York: John Wiley & Sons, 1983. 369 p.



56

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS *INDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT*

Amanda Mickelly Azevedo Vieira

Mirlla Correia Lima Lica

Victor José Lopes Silva

Resumo

A gestão dos resíduos industriais é considerada um conjunto de ações que abrangem a coleta, transporte, acondicionamento, tratamento, eliminação ou reciclagem destes agentes e aspectos administrativos, financeiros, jurídicos e de engenharia, cujas respostas são multidisciplinares. Os resíduos industriais têm sido tradicionalmente um tema delicado no contexto ambiental e a sua gestão é complexa, pois envolve uma abordagem sustentável que procura mitigar os danos que os resíduos podem causar ao meio ambiente, o que implica em uma mudança cultural que parte do ambiente interno das empresas responsáveis. O crônico descaso da indústria com a produção de seus resíduos, aliado à falta de informação por parte dos órgãos competentes para impor limites a essas indústrias, levaram a catástrofes ambientais irreversíveis. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é discutir o gerenciamento adequado dos resíduos industriais, ou seja, todos os pressupostos, normas, leis, características, instituições e impactos que a sua implementação consegue estabelecer, bem como suas adversidades em caso de um gerenciamento falho.

Palavras-chave: Resíduos industriais, Gerenciamento de resíduos, Gestão ambiental, Impactos Ambientais.

Abstract

The management of industrial waste is considered a set of actions that cover the collection, transport, packaging, treatment, disposal or recycling of these agents and administrative, financial, legal and engineering aspects, whose responses are multidisciplinary. Industrial waste has traditionally been a sensitive topic in the environmental context and its management is complex, as it involves a sustainable approach that seeks to mitigate the damage that waste can cause to the environment, which implies a cultural change that starts from the internal environment. responsible companies. The industry's chronic disregard for the production of its waste, combined with the lack of information on the part of Organs competent bodies to impose limits on these industries, led to irreversible environmental catastrophes. In this way, the objective of this work is to discuss the proper management of industrial waste, that is, all the assumptions, norms, laws, characteristics, institutions and impacts that its implementation manages to establish, as well as its adversities in case of a faulty management.

Keywords: Industrial waste, Waste management, Environmental management, Environmental impacts.



1. INTRODUÇÃO

Os resíduos existem em todas as áreas da atividade humana, aparecendo em diferentes estados e sob diferentes condições. O desconhecimento de longa data das possíveis consequências dessas substâncias quando mal utilizadas resultaram em grandes problemas ambientais em várias regiões do planeta, com consequências negativas para a saúde humana e ambiental. Apesar do rápido desenvolvimento da indústria, a compreensão acerca dos resíduos não foi imediata, o que custou décadas de progressão e tratamento inadequado com os meios usados para depósito de substâncias letais. Os desastres ambientais causados por esses agentes, muitas vezes de maneira irreversível, forçaram a humanidade a investigar todas as suas propriedades, comportamentos e formas. Essa obsessão resultou no domínio da administração processual desses resíduos, sendo de extrema importância em todos os campos ambientais.

O crescimento exponencial do volume de produção dessas substâncias sempre configurou um problema entre a classe industrial, visto que as condições que regem as fases que sucedem sua produção, necessitam de um elevado grau de atenção e métodos os quais assegurem a inatividade físico-química desses agentes, ou em casos especiais, uma localidade meticulosamente arquitetada e padronizada. Em contrapartida do que é previsto por leis, normas e fatores sociais, as estatísticas apontam um crescimento de milhões de toneladas no despejo ambientalmente inadequado desses resíduos e, uma vez que essas substâncias passam por processos que modificam suas propriedades as tornando altamente tóxicas e perigosas, tornou-se de extrema importância debater as ineficiências dos parâmetros utilizados para controlá-las, visto que esses resíduos podem causar a destruição e o desequilíbrio do ecossistema.

As atividades realizadas dentro da indústria resultaram em resíduos industriais que, por sua vez, não podem ser descartados sem que haja uma rede de controle por todo o trajeto depois de sua produção. Inúmeros fatores indicam que a falha na gestão desses resíduos originou graves catástrofes ecológicas como a poluição do ar, da água e do solo. Desta forma, este estudo buscou responder às seguintes questões: Como os resíduos industriais podem ser gerenciados adequadamente e como isso pode trazer benefícios ao meio ambiente?

O presente trabalho teve como objetivo geral discutir sobre o processo de gestão de resíduos industriais, bem como as normas e regulamentações existentes, e identificar os impactos ao meio ambiente. Os objetivos específicos, por sua vez, foram: Verificar como os resíduos industriais são conceituados e classificados, apontar as principais normas e leis regulamentadoras regentes acerca de resíduos industriais; e demonstrar o processo de gerenciamento dos resíduos nas indústrias, assim como os impactos ambientais causados em função de uma gestão inadequada.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho foi uma revisão de literatura, ou seja, foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos etc., selecionados através de buscas nos seguintes bancos de dados: google acadêmico, Scielo e portal da Abrelpe etc. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados acerca dos últimos 40 anos. As palavras-chaves utilizadas nas buscas foram: “Gestão ambiental”, “Resíduos industriais”, “Impactos ambientais”.

2. CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Segundo a Norma Regulamentadora nº 25 (BRASIL, 2011), considera-se resíduos industriais aqueles resultantes dos processos industriais, seja ele sólido, líquido ou gasoso ou então mistura desses, e que por seu aspecto físico, químico e microbiológico não figuram como resíduos domésticos, como cinzas, lodos, óleos, materiais alcalinos ou ácidos, escórias, poeiras, borras, substâncias lixiviadas e os provenientes de instrumentos e estabelecimentos de controle de poluição, do mesmo jeito que os demais efluentes líquidos e emissões gasosas poluentes atmosféricos.

De acordo com Xavier (2010), as indústrias classificam os resíduos industriais como sólidos, lamas e materiais pastosos ocasionados por processo industrial metalúrgico, químico ou petroquímico, papelero, alimentício etc. E que não agreguem valor instantâneo para o responsável por gerá-lo que espera, através de meios quaisquer, se desfazer deles.

De acordo com Kraemer (2005), os resíduos industriais são um dos maiores vilões ambientais, já que os ataques poderosos ao meio ambiente estão relacionados com produtos químicos extremamente tóxicos (cianeto, pesticidas, solventes), metais (mercúrio, cádmio, chumbo) e solventes químicos que podem prejudicar o âmbito de descarte. Uma vez que os resíduos sólidos são amontoados e enterrados; os líquidos são despejados em rios e mares; e os gases são lançados no ar, esses elementos colocam em risco a saúde tanto do meio ambiente quanto dos organismos que nele vivem.

Uma das ameaças mais preocupantes no que se refere a esses resíduos é a contaminação por ingestão de água e alimentos com metais pesados, pois estes ocasionam sérios problemas de intoxicações crônicas que tendem a se agravar com o tempo. Com relação as comunidades que habitam em torno de fábricas de baterias artesanais, indústrias de cloro-soda que usam mercúrio, indústrias navais, siderúrgicas e metalúrgicas, de acordo com Xavier (2010) estas propriedades estão expostas a um alto grau de periculosidade.

Os resíduos industriais podem ser encontrados em três estados: sólido, líquido e gasoso.

2.1 Resíduos industriais sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) que define resíduos sólidos através da Norma Brasileira 10.004 como sendo:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).

Estes resíduos são caracterizados em função da sua periculosidade e solubilidade. Segundo a NBR (2004) 10.004 os resíduos são ordenados e identificados como: resíduos classe I são aqueles que em consequência de seu caráter inflamável, corrosivo, reativo, tóxico e patogênico apresentam grau elevado de perigo; resíduos classe II (não inertes) não se encaixam nas classificações de resíduos classe I ou classe III e podem possuir atributos



como combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água; Já os resíduos classe III (inertes) por não se degradarem e serem completamente recicláveis não interferem na natureza, mas ocupam espaço.

De acordo com La Vezzo (2018), as atividades dos diversos setores da indústria como a metalúrgica, química, petroquímica, papelreira e alimentícia são responsáveis por produzir resíduos sólidos. A própria mineração é um meio de geração de grandes quantidades de resíduos sólidos, pois são necessárias várias etapas para converter a matéria-prima em bens de consumo e, em todas as etapas, os resíduos são gerados continuamente. Esses agentes precisam ser armazenados em instalações apropriadas, tendo em vista que não se diluem e permanecem no mesmo local em que forem despejados, ainda que sofram mudanças físicas e bioquímicas (RUSSO, 2003).

A exposição de resíduos sólidos oriundos de atividades industriais à população urbana, rural e a trabalhadores em seus respectivos locais de trabalho é prejudicial, tendo em vista que tais resíduos contêm em sua composição uma série de agentes e compostos químicos de importância toxicológica reconhecida. O encontro entre humano e resíduo pode levar à contaminação em massa e consequente intoxicação, tanto aguda como crônica (FREITAS GUIMARÃES, 2004).

Tendo em vista que é necessário reconhecer as substâncias presentes e verificar sua periculosidade, torna-se fundamental para o profissional dispor de uma compreensão inicial sobre processo industrial. Dessa forma, quando os resíduos forem de natureza desconhecida, o responsável estará capacitado para identificar por meio de pesquisas essas substâncias (SIMIÃO, 2011).

De acordo com Missiaggia (2002), os resíduos sólidos industriais podem ser recicláveis ou não recicláveis. Os recicláveis são conhecidos por possuírem a capacidade de reinserção processual, ou seja, são introduzidos em um novo processo para serem convertidos em um novo produto ou no mesmo. Em contrapartida, os não recicláveis são encaminhados para destinação final, pois não podem ser reciclados devido a fatores financeiros, tecnológicos e sociais.

Dentro dos resíduos sólidos industriais estão inclusos os resíduos oriundos das indústrias de transformação, os resíduos radioativos e os resíduos agrícolas. Os resíduos gerados nas industriais de transformações são advindos de várias indústrias de processamento e dessa forma, possuem características variadas. Já os resíduos radioativos são gerados dos combustíveis nucleares e liberam radiação acima do permitido pelas leis brasileiras. Quanto aos resíduos agrícolas, eles são formados em função da atividade agrícola ou pecuária e são exemplos destes as: embalagens de adubos, os defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal (CABRAL, 2010).

Uma vez que diferentes tipos de resíduos sólidos são gerados ao longo dos processos industriais, sejam eles perigosos, não inertes ou inertes, Pereira (2002) ressalta a importância de cuidados nas áreas operacionais e ambientais da indústria para impedir sua combinação durante as etapas de acondicionamento, coleta, tratamento e destinação final.

2.2 Resíduos industriais líquidos

O surgimento dos resíduos líquidos implica no desperdício de insumos que estão no estado líquido após procedimentos industriais. A NBR 9800 estabelece que efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo efluentes de processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais e

esgoto doméstico (ABNT, 1987).

O setor industrial é designado como o principal responsável pela alta taxa de poluição das águas. Uma das soluções para a redução do lançamento inadequado de efluentes industriais em redes de esgotos urbanos seria a introdução de rede de esgotos individuais para cada indústria, entretanto, esse método demanda uma enorme disponibilidade financeira, o que arrefece o interesse industrial. Dessa maneira, esses efluentes são majoritariamente despejados diretamente em curso de água sem qualquer tratamento (CARAPETO, 1999).

Segundo Giordano (2004) os efluentes industriais são originados a partir da modificação de seus componentes, que ao serem expostos a determinadas cargas, tem suas propriedades físicas, químicas e sensoriais alteradas. Sendo assim, Archela et al. (2003), aponta que o descarte desses resíduos em corpos d'água ou na rede de esgoto em tratamento sem o procedimento adequado que os neutralizem, causa graves problemas sanitários e ambientais.

Em consonância com Giordano (2004) e Archela et al. (2003), Xavier (2010) salienta a formação de chorume nos lixões e aterros sanitários como um dos principais resíduos líquidos responsáveis pela contaminação adversa em esferas ambientais. Segundo ele, o processo de geração desse resíduo é principiado com a mudança das características químicas iniciais do líquido em razão do contato com os inúmeros materiais inservíveis que estão naquele espaço, o que forma substâncias tóxicas que podem se infiltrar no solo e contaminar o lençol freático.

Diante do exposto, Filho e Paschoal (2005) explicam que, gradativamente, a legislação ambiental vem se tornando mais sistematizada, com o objetivo de fiscalizar legalmente o tratamento dos efluentes industriais antes do descarte. Essa medida inclui a conscientização sobre os riscos potencialmente letais que esses efluentes podem representar, bem como o desejo de prevenir problemas ecológicos e toxicológicos.

2.3 Resíduos industriais gasosos

Guimarães e Junior (1982), identificam os resíduos gasosos como matéria ou energia que, ao ser lançada na atmosfera, tende a torná-los inadequados ou prejudicar seu uso. Segundo Pereira (2002), esses gases propelidos têm potencial para deteriorar materiais e causar danos ao bem-estar de humanos, animais e plantas.

Conforme Xavier (2010), estes gases poluentes variam de reações químicas realizadas pelas bactérias, que são a fermentação na presença de oxigênio e na ausência dele. O dióxido de carbono (CO₂) e o metano (CH₄) apresentam-se predominantemente entre seus feitos. Essas bactérias se aproveitam principalmente de resíduos provenientes de origem orgânicas como substrato para suas reações.

Segundo Benetti et al. (2014), as áreas com maior taxa de emissão de resíduos gasosos são as áreas urbanas industrializadas, onde a forte presença da indústria impulsiona a difusão de gases nocivos como dióxido de enxofre, ácido fluorídrico e ácido clorídrico. Responsáveis por destruir a vegetação e extinguir a vida a ela suscetível, esses gases são também os motores da poluição do ar que afeta o ser humano, causando problemas respiratórios e cardíacos.

Os diferentes tipos de elementos que podem existir na atmosfera são excessivamente grandes, de tal modo que se torna complexo determinar uma classificação. Nesse sentido, Derísio (1992) relata que os resíduos gasosos podem ser separados em resíduos primários;



expedido direto da fonte para atmosfera e resíduos secundários; gerados por reações químicas entre constituintes naturais da atmosfera e resíduos primários.

As emissões atmosféricas dividem-se em duas categorias: as de origem natural e as de origem antropogênica. As fontes naturais são tempestades de poeira, incêndios florestais, atividade vulcânica e atividade animal e vegetal que emitem gases e pólen, enquanto as fontes de natureza antropogênica são baseadas em práticas de natureza industrial, tanto em meios estacionários quanto em meios móveis (GOTTI; SOUZA, 2017).

Os meios estacionários são aqueles onde os gases poluentes são expelidos de maneira específica, ao passo que os meios móveis liberam esses agentes durante a emissão, os resíduos primários podem ser gerados em meios estacionários ou em meios móveis. Os resíduos secundários não ocorrem diretamente e precisam de reações químicas para existir, o auxílio da luz solar é imprescindível para que esse processo ocorra (VIEIRA, 2017).

Segundo Mantovani (2016), entre os resíduos primários apresentam-se o dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, dióxido de carbono e o metano, enquanto os secundários consistem em peróxido de hidrogênio, ácido sulfúrico, ácido nítrico, trióxido de enxofre, nitratos, sulfatos, ozônio e por fim, o nitrato de peroxiacetila.

3. LEGISLAÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Para que haja um controle eficaz dos resíduos industriais, é necessário desenvolver mais que recursos humanos, tecnológicos, econômicos e comunitários. Na perspectiva de Derísio (1992), os fatores legais e empresariais constituem parte importante desse recurso, o autor ainda sugere que o primeiro passo na missão de controlar esses sedimentos é criando uma legislação simples, clara, viável, de fácil aplicação e dinâmica.

À medida que a legislação se tornou cada vez mais inflexível, especialmente com resíduos de caráter tóxico, as empresas passaram a adotar estratégias de viés ambiental. A implementação de práticas rigorosas de fiscalização e métodos sustentáveis, bem como a implantação de métodos para garantir as diretrizes legais, influenciou positivamente tanto no bem-estar ambiental, quanto na produtividade e na competitividade dentro do cenário empresarial e social (TOCCHETTO; PEREIRA, 2004).

No Brasil, existem leis e regulamentações específicas para lidar com resíduos industriais, uma delas é a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Segundo Brasil (2010), a PNRS foi um decreto da câmara dos deputados de 02 de fevereiro de 2010 que revogava a Lei nº 9.605, de 12 de agosto de 1998, para estabelecer e fornecer novos princípios, objetivos e ferramentas, bem como novas diretrizes relacionadas à gestão integrada e à gestão de resíduos sólidos.

A definição dos princípios da PNRS marcou a origem de uma série de elementos importantes e que se evidenciaram entre os demais, como: o princípio do poluidor-pagador e o protetor-recebedor, o princípio da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e o princípio do reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de empregos. Esses princípios possuem como principal propósito fomentar a não-geração ou a redução de resíduos durante os processos, utilizando-se das técnicas de redução, reutilização e reciclagem. Essas práticas constituem o princípio dos 3R's e visam, junto de outras medidas como tratamento e disposição final ambientalmente adequadas, preservar os recursos naturais e diminuir as perdas (LUZ, 2017).

Segundo Quintal (2009), a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 determina a responsa-

bilidade por criar normas técnicas para aplicação da Política Nacional de Meio Ambiente ao Conselho Nacional do Meio Ambiente e incumbe a aplicação da supervisão ambiental ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, pelas secretarias estaduais de meio ambiente ou órgãos estaduais de controle ambiental.

Segundo Martins (2014), os pilares da existência da política nacional de resíduos sólidos decorrem da necessidade de acabar com os lixões e prever o tratamento adequado dos resíduos antes de sua destinação final, e estabelecer um conjunto de regras em escala nacional que atendam às suas obrigações. Incluindo a imposição de penalidades severas, como prisão passiva, por quebrar as regras.

Friede et al. (2017) constatou que como resultado da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a responsabilidade pelo lixo passou a abranger todos os cidadãos, empresas, municípios e governos estadual e federal. Na visão crítica de Friede, ao idealizar a gestão integrada como um aglomerado de causas inter-relacionadas, a lei adota uma complexidade política por combinar questões sociais e econômicas com questões ambientais.

Segundo Santos (2018), a Lei nº 12.305 de 2010, que consta na PNRS, responsabiliza os geradores de resíduos industriais pela destinação final de seus resíduos. Os produtores podem ser responsáveis pelo tratamento e descarte de seus resíduos, ou podem contratar serviços profissionais.

As complementações legais que regem as questões dos resíduos industriais não findam na política nacional de resíduos sólidos, e Xavier (2010), listou em sua tese uma série de regulamentações pertinentes que tratam desse tema. Ele exemplifica a Constituição Brasileira em seu artigo nº 225 que estabelece proteção ao meio ambiente; seguinte da Lei nº 6938 (Brasil, 1981) que decreta a Política Nacional de Meio Ambiente; subsequente a lei nº 6803 (Brasil, 1980) que trata sobre as regras básicas para o zoneamento industrial em áreas críticas de poluição e por fim, as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 257/263 e 258 (1999) que institui respectivamente sobre pilhas, baterias e pneumáticos.

De acordo com Montoro (1981), a Lei do Zoneamento Industrial foi promulgada para dividir as indústrias em diferentes classes ou tipos de acordo com o impacto das atividades industriais no ambiente urbano e para garantir que as indústrias permanecessem apenas em áreas especiais. Essas áreas são definidas de acordo com as especificações físicas da propriedade e instaladas com tipos selecionados de empresas.

As zonas industriais dividem as empresas que podem utilizar suas áreas em três categorias: Entre os empreendimentos que geram resíduos que podem colocar em risco a população, o bem-estar ou a segurança da população, são atribuídas as zonas de uso estritamente industrial, onde as únicas atividades permitidas são essenciais à atividade industrial; áreas de uso predominantemente industrial são destinadas às instalações que não causem desconforto às demais atividades urbanas; áreas de uso diversificado são destinadas aos estabelecimentos que complementam atividades urbanas ou rurais sem prejuízo à saúde da população (MONTORO, 1981).

No começo de 1998 a Lei de Crimes Ambientais foi homologada e trouxe consigo um conjunto de especificações que serviriam para gerar sérias punições para os culpados pela destinação final ambientalmente imprópria de resíduos. O impacto causado pelo seu decreto movimentou o mercado de resíduos e ocasionou um aumento de 20% na busca por empresas especializadas no setor, entretanto, esse fluxo diminuiu após a aprovação da medida provisória que cedeu um prazo maior para que as empresas se adaptassem a nova norma (KRAEMER, 2005).

No entendimento de Derísio (1992), é necessário que as três classes que governam o Brasil (Federal, Estadual e Municipal) estejam em sintonia para subdividir os encargos e as responsabilidades, bem como assegurar a utilização de políticas de controle. Em caso de falha de comunicação ou exoneração entre as governanças, cabe ao poder federal, por ser autoridade máxima, impor ações corretivas ou parâmetros legais aos poderes inferiores.

Segundo o Ministério de Trabalho e Previdência (2020), as principais normas regulamentadoras federais para o gerenciamento de resíduos industriais estão apresentadas no quadro 1:

| | |
|-------------|--|
| NR 25.1 | Conceitua resíduos industriais como sendo sólidos, líquidos ou gasosos (ou mistura desses), que derivam de atividades industriais e diferem dos resíduos domésticos por padrões físico-químicos e microbiológicos. |
| NR 25.2 | Estabelece que é dever da empresa prezar pela redução de seus resíduos, utilizando dos melhores métodos possíveis. |
| NR 25.3.1 | Dispõe que toda ferramenta utilizada no controle de lançamento de gás ou liberação de contaminantes gasosos, líquidos ou sólidos devem ser examinadas pelo órgão competente. |
| NR 25.3.2 | Determina que tanto os resíduos industriais líquidos quanto os sólidos, sigam as etapas de coleta, transporte, acondicionamento, armazenamento, tratamento e destinação final ambientalmente adequadas. |
| NR 25.3.2.1 | Demandam que a empresa seja sistemática em todas as etapas da NR 25.3.2, a fim de assegurar a integridade dos trabalhadores. |

Quadro 1. Gerenciamento de resíduos industriais a partir da NR 25

Fonte: Ministério do Trabalho e Previdência (2020)

Derísio (1992), ressalta a importância da existência de entidades que realizam a fiscalização da lei regente, sem, no entanto, incluir na operação uma instituição reacionária. O encarregado de realizar tal monitoramento deve ser um órgão técnico, pois ele detém os conhecimentos necessários para desempenhar esse ofício

4. GESTÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Durante muitos anos o gerenciamento adequado dos resíduos foi negligenciado e menosprezado, seja pela falta de conhecimento ou por serem vistos como um gasto desnecessário. As consequências de tais ações se alastraram como terríveis desastres por todo o globo, afetando a saúde dos recursos naturais e ameaçando o bem-estar da população mundial. É neste contexto que surgiram as normas e diretrizes, com o objetivo de encontrar a forma mais adequada de gestão destes resíduos (GIL, 2005).

Uma série de fatores históricos dividiu a gestão ambiental brasileira em dois polos; o de comando e o de controle. Isso significa dizer que durante os métodos produtivos, o gerenciamento passou a formar instrumentos e normas de comando, assim como também passou a definir mecanismos de controle que assegurassem o cumprimento das etapas

anteriores (SIMIÃO, 2011).

Para Xavier (2010), a gestão de resíduos precisa ser pautada por ações que busquem eliminar potenciais inconvenientes antes que eles surjam, e ações que impeçam a reincidência de fatores prejudiciais já identificados. Segundo ele, essas medidas preventivas devem ser globais, pois as necessidades ambientais e suas soluções dependem não apenas de fatores técnicos, mas também de questões econômicas, físicas, culturais e políticas.

Conforme Rodriguez e Kapusta (2009), o gerenciamento dos resíduos desponta como uma prática vantajosa sobre o processo produtivo, de forma a minimizar a geração de resíduos e eliminando ou reduzindo a necessidade do uso de equipamentos de controle, na etapa de planejamento da atividade produtiva. A figura 1 representa o procedimento técnico da gestão dos processos produtivos, nas áreas de entrada e saída, implementando as práticas do gerenciamento dos resíduos gerados:

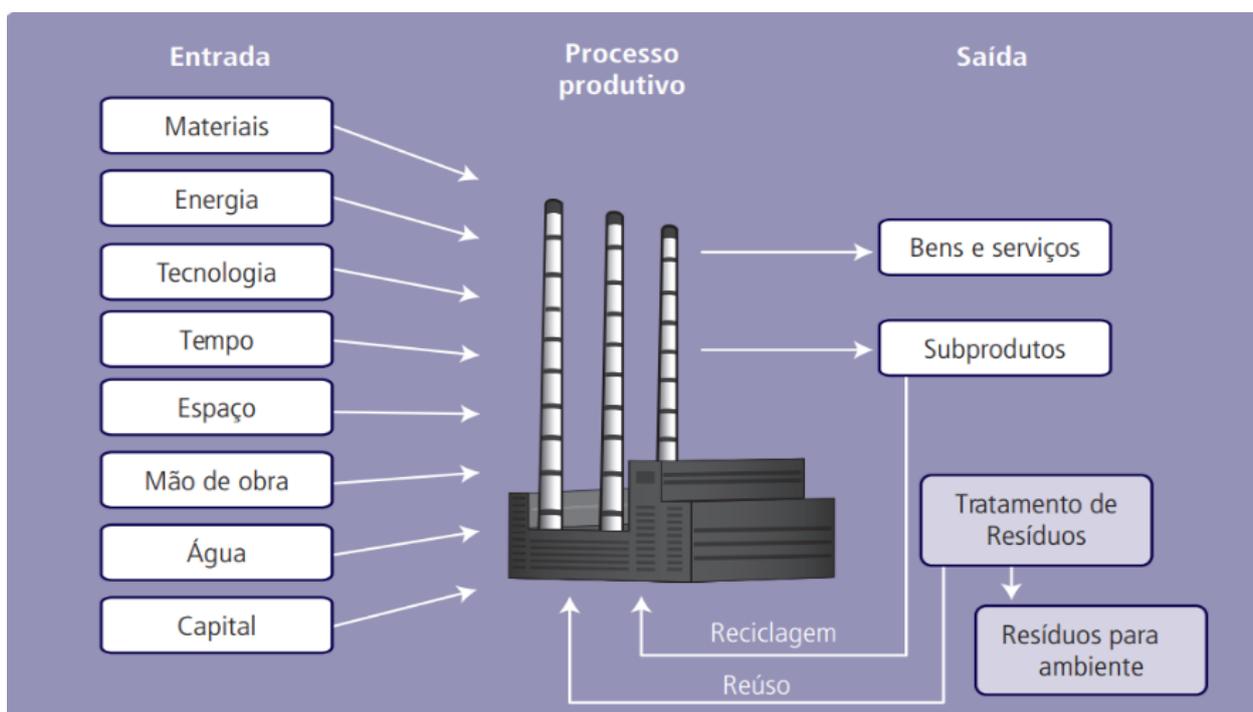


Figura 1. Gerenciamento em processos produtivos

Fonte: Adaptação de Rodriguez e Kapusta (2009)

Rodriguez e Kapusta (2009), explicam que para haver uma gestão eficaz durante a fabricação dos produtos, torna-se imprescindível empregar tecnologias adequadas no começo do processo de transformação e no final, como ilustra a figura 1, assim como utilizar-se de técnicas a fim de manter seus mecanismos produtivos.

Segundo Kraemer (2005), certas empresas têm integrado a série de *International Organization for Standardization* nº 14.000 (1947) em sua política como forma de adquirir estabelecimentos e meios tecnológicos para a destinação final e o tratamento adequado dos resíduos. As organizações que implementarem a norma terão que sujeitar-se a um conjunto de diretrizes, com o objetivo de propiciar uma maior capacitação em níveis geradores, bem como garantir os parâmetros ambientais legais.

As normas da série ISO (1947) são responsáveis pela notória melhora no que se refere à gestão ambiental nas empresas. A ISO nº 14.001 (2015) que trata sobre a instalação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é a única passível de certificação e trouxe consigo a tarefa de organizar, padronizar e sistematizar o gerenciamento ambiental nas empresas,

o que impactou positivamente essas organizações. Esses resultados foram ocasionados em decorrência da priorização da questão ambiental em alta escala administrativa, ou seja, a norma fez com que todos os setores empresariais dessem atenção ao tópico meio ambiente e após isso realizou sucessão de ações como: investiu nos sistemas de melhoria contínua e gerou efeito cascata na cadeia produtiva. Seus benefícios são muitos à exemplo de: redução do custo da gestão de resíduos, economia no consumo de energia e materiais, menores custos de distribuição, melhora na imagem da empresa (PÔRTO, 2012).

Segundo Gaspar e Sperandio (2009), o SGA absolveu em suas diretrizes a necessidade da comunidade industrial, que se viu obrigada a implantar em todos os setores existentes a prática do gerenciamento ambiental adequado. Com a disponibilização dos requisitos para a certificação ambiental, garantida através do cumprimento das normas ISO 14000, as empresas passaram a migrar para o SGA a fim de garantir esse reconhecimento.

A introdução de um sistema de gestão ambiental permite que a empresa passe a analisar métodos de benefícios, sem, no entanto, desviar o foco dos perigos. A instalação desse sistema depende de fatores como: capacidade de investimento da empresa, aptidão tecnológica e política da empresa. Esses critérios são peças essenciais, uma vez que são responsáveis por nortear as opções para redução dos impactos ambientais (TOCCHETTO, 2005).

De acordo com Xavier (2010), a reciclagem ganhou visibilidade entre as empresas brasileiras que passaram a planejar internamente ações para segregar seu lixo. O autor explica que isso aconteceu porque a separação desses materiais ainda no berço de origem, reduz o volume total dos resíduos, tal qual seus gastos funcionais e em seletos casos, pode gerar nova receita para organização.

Segundo Dias (2006), a incineração dos resíduos sólidos industriais é um mecanismo utilizado para diminuir o peso (em até 70%) e o volume (em até 90%) dos resíduos por meio da combustão controlada, que deriva de 800°C a 1200°C, e tem como destino em suma, um aterro sanitário. Apesar da colisão de ideias entre pesquisadores acerca desse assunto, o autor ressalta que essa técnica pode solucionar problemas de resíduos tóxicos industriais.

De acordo com o Estudo de Impactos Ambientais (2017), os aterros industriais são locais determinados para acondicionar os resíduos gerados pelas indústrias de diferentes áreas. Em função das características potencialmente poluentes das substâncias que esses ambientes recebem, os aterros se dividem em duas partes: um armazém provisório e outro para suportar resíduos que precisam de pré-tratamento com aditivos para sua neutralização e seguinte disposição final. Esses aterros possuem sistema vigilante operante completo que dispõem de inspeção intensa das águas subterrâneas e superficiais, verificação de poços, supervisão da temperatura de cargas recebidas, fiscalização de aspectos físico-químicos dos resíduos, entre outros.

Segundo Giordano (2004), para haver um gerenciamento adequado de efluentes industriais é necessário estabelecer dispositivos que mensurem sua vazão, à exemplo da cubagem que é usada para medir pequenas vazões. De acordo com Xavier (2010), é possível dimensionar a vazão dessas sobras líquidas em dispositivos eletromecânicos ou em instrumentos hidráulicos. Analisar a vazão e a composição dos efluentes industriais é fundamental, pois com essas identificações pode-se julgar a escala de contaminação presente neste fluido e estudar todas as suas propriedades para tratamento ou destinação adequada. Essas ações são implementadas para evitar danos ambientais e estabelecer parâmetros legais para as organizações.

4.1 Impactos ambientais

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (1986) na resolução nº 001 do artigo 1, impacto ambiental é toda e qualquer modificação das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como as atividades sociais e econômicas, seguinte da biota, tal qual as condições estéticas e sanitárias do meio e por fim, a qualidade dos recursos naturais.

Na interpretação de Rodriguez e Kapusta (2009), para que exista uma dimensão ampla, total e geral dos impactos ambientais é essencial elaborar uma correlação entre o meio natural e o social. Segundo os autores, o meio natural significa o sistema terrestre: atmosfera, litosfera, hidrosfera e biosfera.

Os impactos ambientais são a consequência de um gerenciamento falho, onde a entidade geradora não cumpriu com as suas responsabilidades socioambientais e obrigatórias legislativas. E como em um efeito cascata, as sequelas desse comportamento reverberam nos recursos ambientais, que tem suas propriedades físico-químicas modificadas (RODRIGUEZ; KAPUSTA, 2009).

De acordo com Tratsch (2010), o conhecimento sobre impactos ambientais apresenta-se como uma ferramenta que busca analisar os efeitos resultantes das atividades industriais e dessa forma, impedir que a organização responsável possa efetuar a realização de certos projetos ou ações que provoquem agressão aos recursos naturais.

Quando não há o devido tratamento dos efluentes industriais e esse fluxo é despejado em ecossistemas aquáticos, ocorre uma instabilidade responsável por degradar esse habitat, ocasionando a morte de seres aquáticos e o aumento abundante de algas em virtude da presença dos elementos ametais nitrogênio e fósforo. Além do mais, as contaminações das águas podem se tornar uma ameaça iminente para a saúde da população, visto que esses efluentes podem conter em sua composição metais pesados como chumbo, que ao serem consumidos pelos seres humanos se alojam em seu corpo como parasitas causando doenças e alterações (BENETTI, 2014).

Segundo Philippi Jr. (1987), a degradação do ar decorre da emissão de substâncias ou cargas poluentes para a atmosfera, tornando-a imprópria ou danificando-a para uso quaisquer. Ele ainda diz que os principais agentes poluentes são as indústrias, que liberam material particulado e o dióxido de enxofre.

Em seu estudo Souza (2013), aponta que os impactos de emissões atmosféricas contraproducente podem ocasionar uma sucessão de acontecimentos globais tais quais: O aumento na concentração de gases de efeito estufa; que aumenta as temperaturas médias do planeta que, por sua vez, é o gerador de variações nos oceanos, períodos de chuvas etc. Estas emissões ainda são responsáveis por fenômenos atmosféricos como a chuva ácida e degradações da fauna e da flora.

O quadro 2 foi disponibilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2012), e explica as características de alguns dos principais poluentes atmosféricos, bem como seus impactos no meio ambiente.

| Poluentes | Características | Fontes Geradoras | Efeitos Gerais ao meio ambiente |
|---|---|---|--|
| Partículas Inaláveis (MP ₁₀) e Fumaça | Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc. Faixa de tamanho < 10 micra. | Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera). | Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo. |
| Partículas Totais em Suspensão (PTS) | Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem etc. Faixa de tamanho < 100 micra. | Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo. | Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo. |
| Dióxido de Enxofre (SO ₂) | Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser transformado a SO ₃ , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H ₂ O ₄ . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis. | Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes. | Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas. |
| Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) | Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos. | Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações. | Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas. |

Quadro 2. Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera

Fonte: CETESB (2010)

Como pode-se notar no quadro 2, os impactos ambientais que recaem sobre o meio ambiente são intensos e dessa forma, devem ser evitados de qualquer maneira. Um gerenciamento adequado das emissões gasosas, com fiscalizações constantes e métodos engenhosos disponíveis para sua neutralização são imprescindíveis para que se possa manter os recursos naturais à salvo desses estragos (CETESB, 2012).

De acordo com Xavier (2010), a agressiva deterioração do solo começa com as condutas socioambientais realizadas pelos seres humanos. As práticas onerosas de propelir seu lixo no meio ambiente sem qualquer sensatez, causa aglomeração de matérias sólidas como: embalagens de plásticos, papel, metais e de produtos químicos como fertilizantes, pesticidas e herbicidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resíduos industriais se configuram um problema à nível global, tendo em vista que são agentes potencialmente perigosos e colocam em risco a segurança, bem-estar e saúde do meio ambiente e dos seres que nele vivem. Foi dentro desse cenário de caos e desastres que a busca pelo gerenciamento de resíduos industriais se evidenciou e se consolidou entre a comunidade industrial.

As normas e leis que tratam dos resíduos industriais servem para esclarecer as características dos resíduos, como devem ser controlados, transportados e armazenados adequadamente. A legislação dos resíduos industriais existe para assegurar a disposição ambientalmente adequada, evitando que os resíduos não causem transtornos ambientais.

Apesar do gerenciamento dos resíduos dentro das empresas que os produzem ser obrigatório e estabelecido por lei, é necessário que as indústrias estejam dispostas a colaborar de maneira política, social e jurídica. Essas instalações devem investir em medidas de controles que consigam abolir ou reduzir os níveis de poluição causadas em razão dos resíduos tóxicos gerados pelo seu processo produtivo.

Durante o trabalho foi possível compreender toda a história dos resíduos industriais e como se tornaram um grave problema, bem como assimilar que o gerenciamento e as leis surgiram da necessidade do homem de proteger o meio em que vive. A pesquisa possibilitou o entendimento que toda indústria responsável por gerar esses resíduos precisam instalar sistemas de controle, capacitar seus profissionais e investir em uma série de outras medidas que certifique as empresas como confiáveis.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9800: critérios para o lançamento de efluentes industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ARCHELA, Edison et al. **Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos**. Geografia, Londrina, v. 12, n. 1, p. 518, jan./jun. 2003. Disponível em: <https://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/6711>. Acesso em: 24 abr. 2022.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Previdência. **Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho**. NR 25 Resíduos Industriais. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-25-nr-25>. Acesso em: 20 abr. 20.

BENETTI, Luciana Borba. et al. **Gestão Ambiental**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986**. Brasília, 1986. 5p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo 2012**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>. Acesso em: 15. 2022. CETESB, São Paulo. (2012).

CABRAL, Eduardo. **Gestão de Resíduos Sólidos**. 2010. Dissertação (Doutorado em Tecnologia e Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Ceará, 2010. Disponível em: http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao_de_Residuos_Solidos_PGTGA/Gestao_d_e_Residuos_Solidos.htm. Acesso em: 13 nov. 2022.

CARAPETO, Cristina. **Poluição das águas: causas e efeitos**. 1999. Universidade Aberta, Lisboa, 199. Disponível em: <https://repositorioaberto.uab.pt/handle/10400.2/2046>. Acesso em: 13 nov. 2022. GOTTI, Isabela Alice; SOUZA, Ana Cláudia Oliveira De. **Gestão Ambiental**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

DERÍSIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

DIAS, Fagner Pinto. **A incineração de resíduos sólidos: análise custo benefício do incinerador de resíduos sólidos do p-Sul-DF**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA). **Aterro Industrial; resíduos classes I e II; aterro de resíduos construção civil; resíduos classe A, 2017**. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/eia_mtx.pdf. Acesso em: 25 abr. 2022.

FILHO, G. T; PASCHOAL, F. M. M. **Aplicação da tecnologia de eletrofloculação na recuperação do coran-**



- te índigo blue a partir de efluentes industriais.** São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/8sCs9PMLBjgd7SJJg5fnFCn/?lang=pt>. Acesso em: 22 Abri. 2022.
- FREITAS GUIMARÃES, J.R.P. **Resíduos industriais na baixada santista: classificação e riscos.** Revista Cecilianiana, n. 22, p. 29-39, 2004.
- GIORDANO, GANDHI. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** 2004. 80 f. Dissertação (Professor de Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- GUIMARÃES, F. A. **POLUIÇÃO DO AR.** IN: PHILIPPI JR. A. org. Saneamento do meio - São Paulo, FUNDACENTRO, 1982, cap. 6. p. 157-200.
- GIL, E. de S. **CLASSIFICAÇÃO E RISCOS ASSOCIADOS AOS RESÍDUOS QUÍMICO – FARMACÊUTICOS.** Revista Eletrônica de Farmácia, Goiânia, v. 2, n. 2, 2007. DOI: 10.5216/ref.v2i2.1953. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/REF/article/view/1953>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- GESTÃO SOCIOAMBIENTAL EM EMPRESAS INDUSTRIAIS.** Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 21-40, jan./abr. 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2734/273420528003.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.
- GOTTI, Isabela Alice; SOUZA, Ana Cláudia Oliveira De. **Gestão Ambiental.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.
- KRAEMER, M. E. P. **Como quantificar e contabilizar os resíduos industriais,** Santa Catarina, 2005. Disponível em: <https://sites.google.com/a/rolim.net/gestao-ambiental-web-site/artigos-recebidos/como-quantificar-e-contabilizar-os-residuos-industriais>. Acesso em: 15 abr. 2022.
- LA VEZZO, César Augusto Lotti. **Aquecimento global.** 2018. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/021_aquecimento_global.pdf. Acesso em: 11 nov. 2022.
- LUZ, Andreia Marega. **Gestão de resíduos sólidos.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.
- MARTINS, Aline Guerreiro. **A influência do gerenciamento de resíduos sólidos em um processo produtivo.** 2014. 61 f. Dissertação (Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Pará, 2014.
- MISSIAGGIA, Rita Rutigliano. **Gestão de resíduos sólidos industriais: Caso Springer Carrier.** 2002. 119f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- MANTOVANI, Katia Cristina Cota. **Estudo dos poluentes do ar em um município de médio porte por meio dos dados estimados pelo modelo ccatt brams.** 2016. 91f. Tese (Doutorado em Engenharia mecânica na área de projetos) – Universidade Estadual paulista, São Paulo, 2016.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito à informação e meio ambiente.** 1. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 65p, 2012.
- MONTORO, Eugenio Augusto Franco. **Informe Trimestral.** 1981. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/9cck6DTTVYnmpB9Dndf5hdg/?lang=pt>. Acesso em: 17 nov. 2022.
- PEREIRA, José Almir Rodrigues. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental.** 2002. 31 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2002.
- PÔRTO, L. C. ISO 14.000 E O DESEMPENHO AMBIENTAL. **Gestão ambiental web site.** 2000. Disponível em: <https://sites.google.com/a/rolim.net/gestao-ambiental-web-site/artigos-recebidos/iso-1400-e-o-desempenho-ambiental/>. Acesso em: 18 abri. 2022.
- PHILIPPI JR, Arlindo. **Controle de poluição ambiental implantação de sistema de financiamento.** 1987. 256 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- QUINTAL, Anna Christina de Oliveira. **Gestão ambiental de resíduos industriais.** 2009. 49f. Monografia (Pós-Graduação em Gestão Ambiental). Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2009.
- RUSSO, Mário Augusto Tavares. **Tratamento de resíduos sólidos.** 2003. 195f. Disponível em: http://www1.ci.uc.pt/mhidro/edicoes_antigas/Tratamentos_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em: 27out. 2022.
- RODRIGUEZ, Maria Teresa Monica Raya; KAPUSTA, Simone Caterina. **Gerenciamento de resíduos industriais.** Porto Alegre: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, 2009.
- SIMIÃO, JULIANA. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa.** 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SOUZA, Rodrigo Chauvet de. **Análise dos impactos de emissões atmosféricas locais da indústria siderúrgica: um estudo de caso no Rio de Janeiro**. 2013. 177 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, Alessandra Harumi Sakai Dos. **Resíduos Industriais: Efetividade e adequação das práticas de gerenciamento de resíduos gerados no distrito industrial Antonio Crepaldi no município de Presidente Prudente/SP**. 2018. 118f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional) – Universidade do Oeste Paulista, São Paulo, 2018.

TOCCHETTO, M. R. L; PEREIRA, L. C. **Desempenho Ambiental e Sustentabilidade**. 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165265/1/2004SP-85-Pereira-Legislacao-15738.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais**. 2005. Disponível em: <http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2012/04/gerenciamento-de-residuos-solidos-industriais.pdf>. Acesso em: 27 out. 2022.

TRATSCH, Mauricio Vicente Motta. **Gestão de resíduos em uma indústria de produtos de limpeza de Santa Maria**. 2010. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2010.

VIEIRA, Timni. **Engenharia ambiental e recursos naturais**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

XAVIER, James Wagner Ribeiro. **Gerenciamento de resíduos industriais**. 2010. 55 f. Monografia (Mestrado em Engenharia de Produção) - Instituto a Vez do Mestre, Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2010.

O livro apresenta vários estudos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, indústria 4.0, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto, dentre outros.

