

Coletânea Estudos em Engenharia e Inovação

Organizadores:

Thiago Santana de Oliveira

Catterina Dal Bianco

Fabiana Aquino de Moraes Rêgo

José Carlos Gaspar Junior

2022



Pascal
Editora

2
Volume

THIAGO SANTANA DE OLIVEIRA
CATTERINA DAL BIANCO
FABIANA AQUINO DE MORAES RÊGO
JOSÉ CARLOS GASPAR JUNIOR
(Organizadores)

ESTUDOS EM ENGENHARIA & INOVAÇÃO

VOLUME 2

EDITORA PASCAL
2022

2022 - 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)

048c

Coletânea Estudos em engenharia e inovação / Thiago Santana de Oliveira, Catterina Dal Bianco, Fabiana Aquino de Moraes Rêgo e José Carlos Gaspar Junior (Org). São Luís - Editora Pascal, 2022.

586 f. : il.: (Estudos em engenharia e inovação; v. 2)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-27-3

D.O.I.: 10.29327/566374

1. Engenharia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. 4. Miscelânea. I. Oliveira, Thiago Santana de. II. Dal Bianco, Catterina. III. Rêgo, Fabiana Aquino de Moraes. IV. Gaspar Junior, José Carlos. VI. 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.

2022

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 evidência 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, engenharia civil e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, construção civil, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto etc.

Convido para essa atualização tecnológica!

Eduardo Mendonça Pinheiro

Doutorando em Agroecologia, especialista em Engenharia de Produção e professor da Faculdade Pitágoras

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. Trabalhou como coordenador do curso de Engenharia Mecânica da faculdade Pitágoras de São Luiz e, atualmente, atua como docente na faculdade Pitágoras 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.

Catterina Dal Bianco

Possui graduação em ENGENHARIA ELÉTRICA pela Universidade Federal do Maranhão (1987). Atualmente é Coordenadora da Faculdade Pitágoras de São Luis dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia da Computação. É Conselheira do Crea-MA, é membro da Câmara Especializada de Engenharia Elétrica (titular), membro da Comissão de Ética Profissional (titular), Membro da Comissão de Educação e Atribuição Profissional - CEAP, membro da Comissão do mérito, membro da Comissão do Crea-Junior (suplente). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Telecomunicações, atuando principalmente no seguinte tema: gestão de projetos e sistemas de telecomunicações.

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.

José Carlos Gaspar Júnior

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual do Maranhão (2010). Tem experiência na área de Engenharia Mecânica, com ênfase em Engenharia Mecânica.

SUMÁRIO

SEÇÃO: ENGENHARIA MECÂNICA

CAPÍTULO 1..... 15

A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEL

Nelis Nelson Barbosa Lima

CAPÍTULO 2..... 30

O IMPACTO POSITIVO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA MODERNA

Talison David dos Santos Pereira

Thiago Santana de Oliveira

CAPÍTULO 3..... 39

MOTORES A DIESEL: SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL

Karliton Fontinele Silva

Silmayra Marques da Silva

CAPÍTULO 4..... 45

MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MÁQUINAS ROTATIVAS

Patrício Ferreira Sena

CAPÍTULO 5..... 57

QUALIDADE E CONFIABILIDADE: DESAFIOS DA MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE VERTICAL

Robert William Nogueira dos Santos

CAPÍTULO 6..... 68

UMA ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS INDUSTRIAIS

Marcio Rener Marques de Azevedo

Luis Fernando da Costa

Talison David dos Santos Pereira

CAPÍTULO 7..... 83

CONTROLE DE POTÊNCIA EM TURBINAS E AEROGERADORES COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO

Luis Fernando da Costa

Marcio Rener Marques de Azevedo

Talison David dos Santos Pereira

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 8 | 96 |
| EFICIÊNCIA DA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO Kayk Rennan Lopes da Silva | |
| CAPÍTULO 9 | 105 |
| INSTRUMENTOS MEDIDORES DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS E MANUTENÇÃO: ESTUDO TEÓRICO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA POR ANÁLISE DE VIBRAÇÕES Lucas Nunes Moreno Ana Claudia Silva | |
| CAPÍTULO 10 | 118 |
| LEAN MANUFACTURING APLICADO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO Erasmio Vitor dos Santos Caldas Lucas Cueva | |
| CAPÍTULO 11 | 132 |
| UMA ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS Marcelino Mendes Machado | |
| CAPÍTULO 12 | 148 |
| A RELEVÂNCIA DA GESTÃO E DO PLANEJAMENTO NA MANUTENÇÃO Romilson Costa Santos Ana Claudia Silva | |
| CAPÍTULO 13 | 163 |
| IMPORTÂNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO NA GESTÃO DE INDUSTRIAS João Victor Goes Soares | |
| CAPÍTULO 14 | 171 |
| MANUFATURA MECÂNICA: UM ESTUDO SOBRE OS MEIOS CONVENCIONAIS DE USINAGEM Jéssica Nayanne Freitas Furtado Murilo Moura dos Santos Deuzinete de Brito Coelho Jeanne Tereza da Silva Bezerra | |
| CAPÍTULO 15 | 182 |
| UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA INSDÚSTRIA E OS IMPACTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO Rômulo Pinheiro de Araújo | |

CAPÍTULO 16..... 196

REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

Renato Fagner Carneiro Silva
Lucas Cuevas

CAPÍTULO 17..... 211

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS MECÂNICOS NA INDÚSTRIA

André Luis Pereira Araújo
Michele Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

CAPÍTULO 18..... 224

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Josiel Ramos da Silva

CAPÍTULO 19..... 237

ESTUDO DE PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE FERRO FUNDIDO: FUNDIÇÃO E SUAS APLICABILIDADES

Paulo Victor Louredo Mello

CAPÍTULO 20..... 250

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM UM MANCAL COMO FORMA DE REDUZIR FALHAS E DESGASTES EM ROLAMENTOS

Pietro Matheus Garrido dos Santos

CAPÍTULO 21..... 260

GESTÃO DA LUBRIFICAÇÃO COMO FERRAMENTA DA MANUTENÇÃO

Igor Assilon Melo Gomes
Joaquim Cantanhede de Castro
Robert William Nogueira dos Santos
William Pereira Sarges
Antônio Merval Machado Tavares
Paola Silva

CAPÍTULO 22 274

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA GESTÃO APLICADAS EM UM PLANO DE MANUTENÇÃO

William Pereira Sarges
Igor Assilon Melo Gomes
Joaquim Cantanhede de Castro
Robert William Nogueira dos Santos
Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

CAPÍTULO 23..... 282

ANÁLISE DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INTERFEREM EM UM CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO

Warley Silva Mendes

CAPÍTULO 24..... 291

ANÁLISE DA INSPEÇÃO DE MOTORES: MONITORAMENTO ATRAVÉS DE SENSO-RES PARA AUXILIAR NA INSPEÇÃO DE MOTORES E COMPONENTES

Thomas Edson Gomes Leite

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira

Bruno Higino Costa Barbosa

CAPÍTULO 25..... 305

ANÁLISE DO SISTEMA DE TURBO COMPRESSOR EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Carlos Henrique Salazar Moreira

Lucas Cuevas

CAPÍTULO 26..... 313

SISTEMAS DE AMORTECIMENTO VISCOSO E COULOMB EM MÁQUINAS OPERATRIZES

Ronaldo da Silva Oliveira

CAPÍTULO 27..... 321

METALURGIA DO PÓ: REAPROVEITAMENTO DE SOBRAS METÁLICAS NA INDÚSTRIA

Silvio Bruno Correa Mendes

CAPÍTULO 28..... 333

MANUTENÇÃO PREDITIVA EM AERONAVES

Ronald Danilo Mendes Alves

Ana Silva

CAPÍTULO 29..... 343

INFLUÊNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NOS RESULTADOS DAS ORGANIZAÇÕES

Sidiney Castro do Nascimento

Ana Oliveira

SEÇÃO: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 30..... | 356 |
| DEFINIÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE KPIS PARA O CONTROLE DE ATIVOS EM UMA COMPANHIA | |
| Tereza Cristina Lira Araujo Eduardo Mendonça Pinheiro | |
| CAPÍTULO 31..... | 372 |
| IMPLANTAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA NAS EMPRESAS | |
| Monique Diniz da Silva | |
| CAPÍTULO 32..... | 378 |
| A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA NAS INDÚSTRIAS | |
| Josana Diniz Ribeiro Andréia Rakel Sousa Pereira | |
| CAPÍTULO 33..... | 395 |
| LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO HISTÓRICO E PERSPECTIVAS | |
| Luis Ricardo Pereira dos Santos | |
| CAPÍTULO 34..... | 403 |
| GESTÃO DE ESTOQUE: APLICAÇÃO DO MÉTODO JUST IN TIME NAS EMPRESAS | |
| Mileide Pinto de Sousa | |
| CAPÍTULO 35..... | 417 |
| OS BENEFÍCIOS DO PROGRAMA 5S NO SETOR DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL | |
| Francisco Carlos Chaves Ribeiro | |
| CAPÍTULO 36..... | 432 |
| PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA | |
| Elklin Carvalho Araújo | |
| CAPÍTULO 37..... | 450 |
| ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO DE PRODUÇÃO | |
| Victor Thiago Aguiar Castro | |

| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 38..... | 462 |
| A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS Ana Luísa Almeida Sales | |
| CAPÍTULO 39..... | 481 |
| GESTÃO DA QUALIDADE: FERRAMENTAS DA QUALIDADE E AS MELHORIAS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO Rodrigo Batista Lisboa | |
| CAPÍTULO 40..... | 499 |
| GESTÃO DA QUALIDADE: BENEFÍCIOS PARA A PRODUÇÃO DAS EMPRESAS Felipe Soares da Silva | |
| CAPÍTULO 41 | 515 |
| A LOGÍSTICA NA ERA DA TECNOLOGIA E SUA IMPORTÂNCIA NA COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS Luís Fernando Ponte Vasconcelos | |
| CAPÍTULO 42..... | 531 |
| GESTÃO DE PROJETOS ASSOCIADO A PRODUTIVIDADE NO SETOR DE PRODUÇÃO Marcos Alexandre Silva Melo | |
| CAPÍTULO 43..... | 542 |
| GESTÃO DE ESTOQUES Sarah Monique Coqueiro Veras | |
| CAPÍTULO 44..... | 554 |
| INTELIGÊNCIA PRODUTIVA: A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA SOLUÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS Lendel Willian Dias Mendes | |
| CAPÍTULO 45..... | 573 |
| GESTÃO DA QUALIDADE: SUA IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADE NOS PROCESSOS PRODUTIVOS Endressa Teixeira Amorim Rodrigues Sthefan Piccinini | |

Engenharia Mecânica



CAPÍTULO 1

A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEL

THE MAINTENANCE MANAGEMENT OF RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

Nelis Nelson Barbosa Lima¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís- MA

Resumo

O presente trabalho tem como tema a gestão da manutenção de sistemas de energia renovável. O objetivo do estudo é evidenciar a importância da utilização da gestão de manutenção de sistemas no âmbito das energias renováveis para a redução de custos, confiabilidade do sistema e sustentabilidade. A metodologia do estudo caracteriza-se como revisão de literatura, tendo em vista que houve análise dos aspectos históricos, da análise de estudos em relação a manutenção de sistemas de energias renováveis. Durante o estudo, pôde-se observar que o gerenciamento de manutenção de energias renováveis deve ser uma meta contínua para qualquer sistema de energia, trazer especialistas respeitáveis em confiabilidade e manutenção, colaboram na identificação de oportunidades a fim de criar um plano viável de melhorias do sistema instalado. A conclusão do estudo, por fim, mostrou que a manutenção adequada das instalações e equipamentos é essencial para mantê-los em boas condições de funcionamento. Isso garante a utilização ideal das instalações e recursos de produção. Todos os equipamentos dos sistemas de energias renováveis são projetados para fornecer uma quantidade e qualidade predeterminada de produção e este objetivo só pode ser alcançado quando o equipamento é suportado por uma manutenção adequada.

Palavras-chave: Manutenção. Energia limpa. Gestão da Manutenção. Matriz energética.

Abstract

The present work has as its theme the maintenance management of renewable energy systems. The objective of the study is to highlight the importance of using system maintenance management in the context of renewable energies to reduce costs, system reliability and sustainability. The study methodology is characterized as a literature review, considering that there was an analysis of historical aspects, of the analysis of studies in relation to the maintenance of renewable energy systems. During the study, it was observed that the maintenance management of renewable energy should be an ongoing goal for any energy system, bring in reputable experts in reliability and maintenance, collaborate in the identification of opportunities in order to create a viable plan for system installed. The conclusion of the study, finally, showed that the proper maintenance of facilities and equipment is essential to keep them in good working order. This ensures optimal utilization of production facilities and resources. All equipment in renewable energy systems is designed to provide a predetermined quantity and quality of production and this objective can only be achieved when the equipment is supported by adequate maintenance.

Keywords: Maintenance. Clean energy. Maintenance management. Energy matrix.



1. INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial de 1875 garantiu ao homem a oportunidade de desenvolvimento da máquina a vapor, dessa forma, elevando sua competência na indústria e no transporte. Conforme, tal evolução, houve o crescimento da população, e em conjunto, o consumo maior de energia. No século XX, o homem atrelado à tecnologia aperfeiçoou a máquina a vapor e aprimorou os motores de combustão interna movidos a gasolina e diesel, que por sua vez são derivados do petróleo. Logo após, surgiram os motores elétricos e a energia nuclear, entretanto o mundo nunca se desvinculou do uso do petróleo.

Atualmente, podemos frisar com maior importância a energia elétrica, sendo destacada como essencial, proporcionando conforto, praticidade, além de acesso ao ambiente tecnológico e à informação. Com a tecnologia avançada e a globalização, a preocupação com o meio ambiente torna-se primordial. Vinculando-se isso ao tema energético entendemos que carecemos continuamente buscar maneiras de suprir as nossas necessidades utilizando o mínimo possível sem lesar o ecossistema.

As fontes de energia renováveis, são aquelas que a sua aplicação pode sustentar-se sendo utilizada ao longo do tempo sem probabilidade de perecimento dessa fonte. Podemos destacar, como exemplo: a energia solar, eólica (ventos), hidráulica (correnteza dos rios), geotérmica (calor interno do planeta Terra), das marés, entre outras. Outrossim, as fontes de energias não renováveis obtém recursos subjetivamente limitados, essa limitação está ligada à dependência dos recursos presentes no nosso planeta, como os combustíveis fósseis.

As mudanças ocasionadas pela Revolução Industrial foram transformando o mundo gradualmente, por conseguinte o consumo de diversas formas de energia se tornou indispensável para o desenvolvimento de novas tecnologias, trazendo como consequência um atual estado de escassez dessas fontes. A partir do ano de 1981, mundialmente, deu início ao uso exacerbado de petróleo, utilizando-se um maior volume do que se descobria. Tal conduta, demonstra uma discrepância na dinâmica da relação do homem com os recursos que lhe foram ofertados.

Destarte, é notório a importância que estudos sejam incentivados no campo das energias sustentáveis, sendo assim, é imprescindível o papel da Engenharia Mecânica nesse meio devido à responsabilidade no desenvolvimento, projeção e construção de máquinas e equipamentos que possam contribuir para a formação de um mundo mais sustentável.

Esta pesquisa visa ressaltar a sua notoriedade, expondo a serventia das energias renováveis e apresentando a significativa atuação da Gestão de Manutenção de Sistemas no seu desenvolvimento que poderá trazer informações primordiais para a organização de políticas públicas voltadas para tal demanda, visando assim, um futuro energético sustentável. A motivação por parte do autor para realização deste estudo é devido ao reconhecimento de que este tema é de extrema importância para a área da Engenharia Mecânica, bem como para a população em geral.

Esta pesquisa tem como intuito a demonstração da importância da utilização das energias renováveis no mundo, bem como a atuação da Gestão de Manutenção de Sistemas de geração, transmissão e distribuição, além de observar a coordenação de atividades de utilização e conservação de energia e fontes alternativas (energia eólica, solar e hidráulica). O seguinte questionamento vigora como problemática deste trabalho. Qual a importância da Gestão de Manutenção de Sistemas para a implantação de energias renováveis, visando a formação de um mundo sustentável?

O objetivo geral deste trabalho é evidenciar a importância da utilização da Gestão de Manutenção de Sistemas no âmbito das Energias Renováveis para a redução de custos, confiabilidade do sistema e sustentabilidade. E apresenta os seguintes objetivos específicos: Avaliar o emprego da gestão de manutenção de sistemas em energias renováveis; descrever as estratégias de atividades de manutenção para otimização de desempenho dos sistemas de energias renováveis; analisar a gestão de manutenção dos sistemas nas energias eólica, maremotriz e hídrica.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura, tendo como finalidade a realização de uma abordagem de trabalhos e materiais outrora explorados, mencionando os avanços ocorridos acerca do assunto abordado contribuindo assim, para um importante processo de produção de conhecimento, investigação e análise de uma temática.

O local para realização desse estudo referiu-se às bases de dados científicas. Para investigação, realizou-se um levantamento da produção científica relacionado à gestão de manutenção de sistemas nas seguintes bases de dados: Scientific Electronic Library Online – SciELO, Google acadêmico e Periódicos Capes.

Os descritores utilizados na pesquisa foram: Energia Renovável; Gestão de Manutenção de Sistemas de Energias Renováveis; Sustentabilidade. Serão selecionados artigos científicos para realização do estudo, como critérios de inclusão foram considerados: artigos relacionados à gestão de manutenção de sistemas na energia renovável, publicados no período de 2010 a 2021, que estavam na íntegra e abordavam a temática. Os critérios de exclusão foram os seguintes: artigos anteriores ao ano de 2010, repetição de um mesmo artigo, os que apresentavam somente o resumo e que havia ambiguidade relacionado a algum critério de inclusão.

3. IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Devido à intermitência e variabilidade de sistemas de energias renováveis, uma operação ininterrupta é muito procurada, visando atingir maiores índices de desempenho. Como tal, este é um dos principais objetivos de ter um programa de periódico de manutenções (THANGARAJ; VELURY, 2016). Devido ao grande crescimento no desenvolvimen-

to e implantação de tecnologias renováveis, as práticas de manutenção são pertinentes especialmente em instalações comerciais e industriais onde a confiabilidade, eficiência no fornecimento de energia, operação segura do sistema ao longo dos anos e retorno dos investimentos são considerados críticos (VAN HORENBEEK et al., 2013). Dhillon (2017), define manutenção como um conjunto de atividades organizadas e todas as ações necessárias para reter um item, ou restaurar a ele, sua estatura funcional e de design.

Os regimes de manutenção não são apenas centrados no desempenho, mas também desempenham um papel importante em termos de garantia de qualidade e segurança para os clientes (CHOWDHURY; MOURSHED 2016). No ciclo de vida de qualquer projeto de energia solar fotovoltaica, operação e manutenção formam a fase mais longa, o que significa que atenção especial deve ser dada ao planejamento, coordenação das necessidades operacionais e despacho de ações de manutenção (MGONJA; SAIDI 2017; VILLARINI et al., 2017). Ou seja, recursos eficazes de tecnologias de energias renováveis, bem como as melhores práticas em campo, são essenciais para que haja confiabilidade no aproveitamento do sistema em uma operação econômica e por um período prolongado. A inovação contínua e a evolução tecnológica exigem adaptação em termos de práticas de operação e estratégias de manutenção alinhadas com as mudanças modernas em direção ao poder dos dados e da computação em nuvem (CHEBEL-MORELLO et al., 2012).

Conseqüentemente, a inovação tornou-se um ingrediente importante do qual as equipes de manutenção dependem para acompanhar as mudanças nas exigências do mercado. A competitividade das usinas de energia está centrada na melhoria da confiabilidade e na redução dos custos de manutenção e operação, conforme corroborado por pesquisas anteriores (VENTURA; TINA, 2016). Ventura e Tina (2016) aplicaram o monitoramento de dados para obter índices e modelos de usinas de utilidades que reconhecem falhas e evitam a perda de rendimentos para garantir alta eficiência e disponibilidade. A pesquisa provou que os custos nivelados de eletricidade diminuiriam de 0,8% a 1,4% entre 2015 e 2030, sendo esta uma melhoria catalisada pela inovação nos serviços de manutenção (EMBLEMSVÅG, 2020).

De outra forma, melhorias nas despesas operacionais (OPEX) compreendem grandes porções das economias. Como tal, modelos de gestão da manutenção bem projetados para usinas de energias renováveis podem melhorar os principais indicadores de desempenho de usinas, como disponibilidade da usina, rendimento médio anual de energia e taxa de desempenho. Em poucas palavras, o planejamento prudente da manutenção e a execução operacional garantem retornos financeiros positivos para as instalações em sistemas renováveis. Os retornos financeiros são obtidos indiretamente por meio da implementação de sistemas robustos de manutenção e ações corretivas, o que reduz os gastos com reparos frequentes de componentes (EMBLEMSVÅG, 2020).

A gestão da manutenção é uma área que vem recebendo cada vez mais atenção das empresas. Na situação mais competitiva, todos precisam se concentrar nos objetivos da empresa e trabalhar duro para alcançá-los. Para isso, a área de manutenção deve ter uma gestão estruturada com base em um conjunto de práticas de manutenção claras, confiáveis e disseminadas em toda a região para garantir resultados e metas (EMBLEMSVÅG, 2020). O tempo de inatividade dos equipamentos e os custos de manutenção têm atraído muita atenção, o que torna uma das vantagens da gestão se destacar no mercado e obter custos mais baixos a cada dia para aumentar os lucros da empresa (THANGARAJ; VELURY, 2016).

Dessa forma, para Epri (2010), apresenta-se como conceito da gestão da manutenção sendo o ato de administrar, gerir um conjunto de ações com a finalidade de manter os equipamentos e instalações em condições aceitáveis para o funcionamento adequado.

Segundo Vaz (1998), a equipe de manutenção deve ser considerada parte integrante do trabalho de produção da fábrica. O trabalho relacionado à manutenção depende em parte de elementos técnicos qualificados para que a fábrica possa operar em um nível adequado de desempenho, o que está diretamente relacionado à frequência de falhas e à duração dos serviços de manutenção, que podem interferir no desempenho geral da produção unidade.

Buscar o aumento da produtividade deve se tornar uma função permanente e principal do gerente de manutenção. Dada a sua relação com a função de produção, a função de manutenção dentro da empresa representa um enorme potencial para ajudar a aumentar a produtividade (VAN HORENBEEK et al., 2013).

Por outro lado, o desempenho dessas funções requer uma combinação específica de recursos e estratégias para fornecer bens e serviços. A manutenção no ambiente atual é usada para melhorar a qualidade do produto, encurtar o tempo de entrega, reduzir custos e impacto ambientais. É dentro deste contexto que entram as várias ferramentas que auxiliam a gestão da manutenção (THANGARAJ; VELURY, 2016). Nas próximas seções serão exploradas as principais estratégias de manutenção de sistemas de energias renováveis.

3.1 Estratégias de manutenção

A manutenção tornou-se um dos aspectos críticos para a melhoria na prestação de serviços em vários setores, garantindo que a segurança e a confiabilidade não sejam comprometidas (DHILLON, 2002). No que diz respeito ao setor energético, a devida manutenção é essencial para a realização de longa vida útil da instalação, com baixo tempo de inatividade, comprovando sustentabilidade e confiabilidade na geração de eletricidade e entrega aos usuários finais (THANGARAJ; VELURY, 2016).

Uma pesquisa realizada por Epri (2010), destaca o papel fundamental das práticas pertinentes manutenções periódicas, bem como os recursos de monitoramento de última geração em meio à proliferação de sistemas de energias renováveis, argumentando sua necessidade de melhorar o tempo de atividade e o desempenho de longo prazo, e viabilidade econômica. O trabalho apresentou respostas das principais partes interessadas que conhecem os aspectos relativos às atividades de manutenção e iniciativas dos gestores de plantas industriais, incluindo a elaboração de planos e programação e custeio de manutenção.

As estratégias de manutenção são voltadas para evitar a deterioração do desempenho do sistema resultante de possíveis falhas. Em seu estudo Hernández-Calejo et al. (2019), realizaram uma revisão sobre sistemas fotovoltaicos com foco no projeto do sistema e nos aspectos de operação e manutenção. Destacam-se na revisão as partes críticas do sistema, os riscos na operação e manutenção, bem como os fatores que afetam o desempenho do sistema fotovoltaico. O ponto principal deste manuscrito é que o projeto

do sistema fotovoltaico é o primeiro passo para alcançar altos desempenhos seguidos por uma operação ideal que traz o máximo rendimento de energia e, por último, a manutenção que lida com qualquer mau funcionamento do sistema e problemas de saída de baixa geração para alta eficiência e disponibilidade do sistema (OPREA et al., 2019).

Os autores Deli e Noel (2020), classificam as estratégias empregadas na manutenção como corretiva, preventiva, condicional e preditiva, caracterizando-se por ações oportunistas, focadas na confiabilidade e produtivas para a manutenção do sistema. A variação dessas estratégias é baseada na eficiência distinta do sistema, disponibilidade e troca de componentes e do sistema, e principalmente nas metas de desempenho. Para Arsovski et al. (2011), as intervenções de manutenção não só economizam dinheiro através da redução do tempo de inatividade do sistema, mas também economizam em reparos dispendiosos (mão de obra e componentes).

3.1.1 Manutenção corretiva

Essa estratégia de manutenção também é conhecida como manutenção reativa; envolve ações corretivas não programadas realizadas para retificar falhas, avarias ou quaisquer sinais de incapacidade de executar uma função para restaurar um sistema ou equipamento para um desempenho ideal (DHILLON, 2017). Em um modo reativo, a presteza com a necessidade de reparar as condições de falha resulta em uma atenção diminuta para garantir que as condições de operação estejam dentro das especificações permitidas, resultando no comprometimento do desempenho real do serviço e da vida útil do equipamento. É um tipo de manutenção arriscado devido ao fato de que pode haver pressão sobre a equipe de manutenção para retornar o sistema à operação normal rapidamente, dando-lhes menos tempo de planejamento.

3.1.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva envolve as medidas de precaução tomadas para prevenir ou reduzir a probabilidade de falha ou um nível inaceitável de degradação (DHILLON, 2002). A manutenção preventiva é caracterizada por medidas de intervenção programadas estrategicamente planejadas, intervaladas e específicas para manter o equipamento na condição de operação especificada por meio de o processo de verificação e recondicionamento. As ações de manutenção de rotina são realizadas de acordo e com estudo cuidadoso da recomendação do fabricante, independentemente do desempenho real e da condição do ativo (VAN HORENBEEK et al., 2013). Um aspecto crítico que precisa de atenção cuidadosa com essa estratégia é a duração e o tempo ideal para os intervalos de manutenção e as ações que podem ser realizadas de forma variável, sistemática ou com base na condição do sistema (BAKLOUTI et al, 2020).

3.1.3 Manutenção preditiva

Com este método de manutenção, são tomadas as medidas de mitigação apropriadas

(reparo ou substituição) seguindo a previsão de uma possível falha do sistema. Ações corretivas são realizadas para previsão e são recomendadas quando são observados procedimentos de manutenção necessários para lidar com qualquer falha incipiente ou condição de falha (LI et al., 2016).

Esta observação é centrada no monitoramento, supervisão, previsão e dados de desempenho minuciosos, contínuos e regulares sobre o desempenho histórico e anomalias para análise da usina de sistemas de energias renováveis (BOSMAN et al., 2020). A chave está na identificação de anomalias e irregularidades ocultas antes do próximo teste de circuito ou inspeção de imagem térmica que indique falhas futuras de componentes ou sistemas ou desempenho inferior (por exemplo, em módulos fotovoltaicos, inversores, caixas combinadoras, rastreadores etc.) (CHEBEL-MORELLO et al, 2012).

3.2 Gestão de matrizes energéticas

Na implementação de estratégias sustentáveis, a energia renovável tornou-se uma escolha crítica para os países. É uma situação inevitável que a energia seja o elemento chave para impulsionar o desenvolvimento social e econômico. No entanto, como a energia fóssil é comumente utilizada, a sustentabilidade da economia e do meio ambiente sofre (CARVALHO, 2015).

As energias renováveis são limpas e não poluentes. Eles apoiam e impulsionam o objetivo do desenvolvimento sustentável. Portanto, o desenvolvimento de energias renováveis é acelerado pela formulação de políticas e legislação com os incentivos fundamentais. Os objetivos estratégicos alcançados para as energias renováveis são basicamente aumentar a competitividade energética, garantir o abastecimento e proteger o meio ambiente (CHEBEL-MORELLO et al, 2012).

Os recursos energéticos renováveis também são escolhidos para substituir os combustíveis fósseis para organizar a estrutura energética e melhorar a segurança do fornecimento de energia. Como os recursos renováveis são recursos locais, podem ser transformados direta ou indiretamente em eletricidade ou combustíveis líquidos (DHILLON, 2002).

Nas áreas rurais, o desenvolvimento de recursos energéticos renováveis pode resolver o problema do consumo de energia e combinar com o processo de produção agrícola que aumenta a renda dos agricultores. Estima-se que em 2050 as energias renováveis representem aproximadamente 30% da estrutura energética do mundo (IEA, 2018).

O desenvolvimento das energias renováveis depende da inovação tecnológica e do aprimoramento de novos níveis de alta tecnologia que pertencem à industrialização e comercialização. É um facto que o custo do desenvolvimento das energias renováveis é, em certa medida, elevado. Se o apoio do governo e a apresentação de políticas não puderem garantir um desenvolvimento em larga escala, os países não ajudarão a reduzir custos, aumentar o lucro, manter a confiabilidade e melhorar o valor da energia renovável (OPREA et al., 2019).

A energia renovável é uma base para o sistema energético no futuro e supre necessidades urgentes por seus impactos ambientais, desenvolvimento sustentável e uso. De-

vido aos problemas atuais de energia e problemas ambientais, é necessário impulsionar o desenvolvimento e as tendências das energias renováveis (THANGARAJ; VELURY, 2016). Nas próximas seções apresentam-se as principais matrizes energéticas para produção de energia limpa.

3.2.1 Energia eólica

Primeiramente, segundo Pinto (2012), o início da utilização da energia eólica foi há dois mil anos com as primeiras máquinas a Heron de Alexandria. Em seguida, a energia eólica foi vastamente empregada em moinhos, na substituição da tração animal. Entretanto, foi somente nos últimos anos que a energia eólica se tornou algo crucial para o engendramento de energia, em especial a elétrica, devido ao aumento dos estudos para a geração da energia fornecida pelo vento.

Existem duas maneiras diferentes para a realização da captação da energia cinética do vento, sendo elas feitas por: turbinas de eixo vertical e as de eixo horizontal. Na primeira forma, o gerador e a engrenagem são alocados à altura do terreno, enquanto a turbina é deslocada por forças de resistência ao movimento em uma direção ou sustentação (FARRET, 2014).

A versão mais simplificada é a turbina Savonius, podendo ser arquitetada por meios tonéis excêntricos elevados sobre um eixo. Há também a turbina Darrieus, sendo estas as únicas que alcançaram um maior nível de anuência comercial entre as de eixo vertical. Além disso, tais turbinas oferecem menor complexidade de fabricação, sendo recomendadas para atributos de vento análogos ao sul da América Latina (ZILLES et al, 2012).

Para finalizar, tem-se as turbinas de eixo horizontal, estas possuem alinhamento entre eixo, gerador e engrenagens, em conformidade com o direcionamento do vento, sendo a alternativa mais empregada no mundo em parques de geração eólicos comerciais. Dependendo do número de pás, também podem ser encontrados em determinadas configurações, sendo que as mais utilizadas são as turbinas de três pás por apresentarem forças mecânicas menores, oscilações de torque menores e por produzirem menos ruído (BORGES NETO; CARVALHO, 2012).

Para que a perturbação do vento ocasionada pela turbina não interfira expressivamente com o funcionamento das turbinas adjacentes a jusante, é necessária uma distância mínima entre cinco a dez vezes a altura da torre. (BORGES NETO; CARVALHO, 2012). Apesar deste ambiente não possa ser utilizado para construção, a área do parque ainda pode ser usada para plantio ou outras atividades. Outro efeito da instalação de turbinas eólicas são as emissões de ruído, que podem vir de mecânica e aerodinâmica. O ruído mecânico vem da operação de turbinas, engrenagens e máquinas. O ruído aerodinâmico está diretamente relacionado com o número e a velocidade de rotação das pás. Nesse sentido, o nível de ruído de uma turbina com configuração de três pás é menor, pois nesses casos a velocidade de rotação não ultrapassa 70 m / s (PINTO, 2012).

3.2.2 Energia de ondas e marés

A energia das marés, denominada de energia maremotriz, está relacionada às interações gravitacionais entre a Terra e outras estrelas (principalmente a lua e o sol). É transformado por mudanças periódicas no nível do mar associadas às correntes oceânicas. A energia correspondente pode ser obtida de duas formas: energia potencial (por meio das mudanças no nível do mar) e energia cinética (por meio das correntes oceânicas) (ASSIS; BELUCO; ALMEIDA, 2013).

A energia potencial é obtida pela construção de barragens e reservatórios. De forma bem simples, quando a maré está alta, a água enche o reservatório por meio de uma turbina (tipo lâmpada) para gerar eletricidade. Quando a maré está baixa, o reservatório é esvaziado e a água sai do reservatório e passa pela turbina novamente (na direção oposta) para gerar eletricidade novamente (ASSIS, 2010).

A energia cinética corresponde à associação das massas de água movidas pelas correntes oceânicas. A tecnologia utilizada, em geral, pode ser definida como ventos submarinos que têm aproximadamente os mesmos princípios básicos de operação, exceto que eles usam água para se mover (CARVALHO, 2010).

A tecnologia de uso do oceano para obtenção de energia ainda é a mais recente e poucos avanços foram feitos, mas muitos países têm investido em pesquisas nessa área. Em suma, para capturar essa energia, a dinâmica das marés e das ondas será usada para armazenar energia mecânica e convertê-la em energia elétrica. É uma energia renovável e limpa e está progredindo lentamente.

3.2.3 Energia hídrica

A energia hidrelétrica é produzida principalmente por usinas hidrelétricas, que usam o movimento da água nos rios. Portanto, é obtido a partir de fontes renováveis e livres de poluição. O processo de captação de energia se dá por meio da construção de barragens de médio ou grande porte, que utilizarão níveis de água desiguais para captar a energia potencial, convertê-la em energia cinética e depois em energia elétrica. Instalá-lo em local adequado e fazer o planejamento adequado pode levar a mudanças reversíveis e suaves no ecossistema. Quando uma grande área é inundada sem planejamento, surgem grandes problemas, que vão causar flora e fauna em algumas áreas. Impacto negativo (CARVALHO, 2015).

Segundo Mello Júnior (2000), os tipos de turbinas utilizadas mundialmente para pequenas centrais hidrelétricas ou mesmo para aplicações mecânicas de transmissão de energia em pequenos locais são: Turbina Pelton; Turbina Cross-flow; Turbina Francis; Turbina Axial; turbina sifão; Turbina S; Turbina Bulbo; Bomba centrífuga funcionando como turbina; Turbina de águas correntes.

Para Melo (2012), a eficiência da turbina representa as perdas verificadas em diferentes condições de operação, considerando que parte da potência disponível no eixo da turbina é consumida nas perdas internas e externas da própria turbina. O valor de carac-

terística de eficiência máxima (em porcentagem) de grandes turbinas está na faixa de 88 a 96%.

O processo pelo qual o gerador converte energia mecânica em energia elétrica não foi totalmente verificado, pois neste processo de conversão ainda ocorrem perdas no enrolamento, perdas mecânicas causadas pelo atrito das escovas do sistema de excitação e perdas nos mancais e sistemas de ventilação. A rentabilidade dos geradores modernos é calculada como um percentual entre 90% e 99% (ENCINA, 2009).

3.3 Perspectivas e Desenvolvimento de sistemas energias renováveis

Durante o período (2018–2023), espera-se que as energias renováveis, como energia solar fotovoltaica, eólica, hidrelétrica e bioenergia, atendam a cerca de 70% do crescimento global da geração de eletricidade. Até 2023, a demanda global de eletricidade será atendida por energia hidrelétrica (16%), eólica (6%), solar fotovoltaica (4%) e bioenergia (3%). Os biocombustíveis no transporte rodoviário têm a menor participação de energia renovável, que é de 3,4% em 2017 e 3,8% em 2023. O consumo de calor renovável também deverá atingir uma participação de 11,8% até 2023 (IEA, 2018).

Diante dos dados obtidos acima, de acordo com Carvalho (2015), todos os sistemas e componentes do edifício precisam de algum nível de manutenção, e os sistemas de energia renovável não são exceção a essa regra. Os requisitos de manutenção específicos variam de acordo com o tipo de sistema e componentes instalados. Para o autor, os fabricantes podem alegar que seus sistemas não exigem manutenção, mas se os gerentes esperam obter anos de serviço e níveis de alto desempenho de seus sistemas, os técnicos terão que realizar todas as atividades de manutenção necessárias nos sistemas.

Assis (2010), corrobora com os achados de Carvalho, o autor descreve que para todos os sistemas de energia renovável, para a prática de manutenção adequada deve-se inspecionar a integridade das conexões mecânicas e elétricas pelo menos uma vez por ano. Conexões corroídas ou soltas podem resultar em desempenho reduzido e, em casos extremos, podem criar riscos de segurança.

Como exemplo, são os sistemas solares de água quente exigem inspeção periódica dos painéis quanto a vazamentos, danos e até mesmo acúmulo de sujeira nas superfícies dos painéis. Para Zilles et al. (2012), se os sistemas usarem uma mistura de água-glicol, os técnicos devem testar o sistema periodicamente para verificar as concentrações adequadas de glicol. Eles devem inspecionar e testar os sistemas de drenagem antes do início do tempo frio para garantir que os painéis sejam totalmente drenados (VAN HORENBEEK et al., 2013).

De outra forma, segundo Chebel-Morello et al. (2012), os sistemas elétricos solares também exigem inspeção periódica dos painéis quanto a danos físicos, acúmulo de sujeira e aperto adequado das conexões elétricas. Os técnicos também devem certificar-se de que a vegetação que cresce perto da instalação não bloqueie a luz solar nos painéis. As sombras que caem até mesmo em parte de um painel podem causar uma redução significativa na saída total do sistema. Os sistemas elétricos solares também exigem que os

técnicos testem periodicamente a saída dos inversores do sistema.

Quanto aos sistemas de turbinas eólicas conforme descrito por Oprea et al (2019), os mesmos requerem testes e inspeções semelhantes de conexões elétricas e inversores. Os técnicos também devem inspecionar todas as partes móveis do sistema, incluindo as lâminas e rolamentos da turbina, quanto a danos pelo menos uma vez por ano, de acordo com as recomendações do fabricante.

Para Ventura e Tina (2016), os sistemas geotérmicos têm requisitos de manutenção relativamente baixos, em comparação com outros sistemas de energia renovável. A maioria dos sistemas geotérmicos usa uma bomba de calor com fonte de água, na qual o sistema circula a água através de um circuito enterrado no solo.

Os autores afirmam que os requisitos de manutenção são paralelos aos de outros sistemas de bombas de calor, com exceção do circuito enterrado. Desde que os trabalhadores instalem o sistema corretamente e nada perturbe o solo na área da tubulação subterrânea, não devem existir requisitos adicionais de manutenção.

Os sistemas que usam baterias grandes de reserva terão mais necessidades de manutenção. Até o momento, a maioria dos sistemas usa baterias de chumbo-ácido. Os operadores do sistema devem garantir que o nível de água nessas baterias permaneça nos níveis recomendados para evitar danos à bateria (CHOWDHURY; MOURSHED 2016).

Dependendo da capacidade das baterias e suas frequências de ciclagem, os técnicos devem inspecioná-las pelo menos uma vez por mês. Eles também devem manter registros da quantidade de água que adicionam a cada bateria, porque o aumento do uso de água pode indicar que uma determinada bateria está chegando ao fim de sua vida útil (CHOWDHURY; MOURSHED 2016).

Segundo Deli e Noel (2020), é igualmente importante que os técnicos mantenham todas as conexões elétricas das baterias limpas e apertadas para evitar perdas no sistema e possíveis riscos à segurança. A maioria dos fabricantes de sistemas de energia renovável oferece uma opção de monitoramento e gerenciamento remoto com seus sistemas. Esse recurso permite que fabricantes e operadores internos acompanhem o desempenho do sistema e identifiquem possíveis falhas do sistema quando, ou mesmo antes, elas realmente ocorrerem. Como resultado, os sistemas de monitoramento podem alertar os operadores sobre os requisitos de manutenção antes que eles se transformem em problemas maiores em todo o sistema.

O resultados mostraram de acordo com o estudo de Emblemavåg (2020) que a um sistema de manutenção programado desempenha um papel importante na operação de um sistema de energia renovável. Afinal, a manutenção regular é essencial para garantir o rendimento ideal dos dispositivos das instalações do sistema escolhido. Embora os sistemas de energias renováveis sejam geralmente de baixa manutenção e possam funcionar por anos sem problemas, eles são, afinal, um sistema elétrico. Isso significa que existem requisitos legais para inspeções regulares que devem ser observados pelos operadores do sistema.

No estudo realizado por Chebel-Morello et al. (2012), identificaram que um sistema bem projetado e instalado profissionalmente terá pouca necessidade de manutenção con-

tínua. Dito isto, nenhum sistema está imune ao desgaste e há uma variedade de fatores imprevisíveis que podem afetar negativamente o desempenho e a segurança do sistema. Existem também alguns casos especiais, incluindo rastreadores e certos tipos de baterias, onde a manutenção ativa de rotina é fundamental para o desempenho a longo prazo.

Portanto, melhorar o gerenciamento de manutenção de energias renováveis deve ser uma meta contínua para qualquer sistema de energia, trazer especialistas respeitáveis em confiabilidade e manutenção, colaboram na identificação de oportunidades a fim de criar um plano viável de melhoria. Sendo assim, os programas de gerenciamento de manutenção são altamente personalizáveis e centrados nos tipos de manutenção empregados em um determinada sistema. A utilização de softwares, como um programa de manutenção baseado em condições, como manutenção preditiva, ou um programa de manutenção, como manutenção preventiva, é importante para focar o tipo de manutenção usado e sua função dentro do sistema instalado.

4. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a importância de um programa sólido de gestão de manutenção para sistemas de energias renováveis, através dos estudos realizados neste trabalho, os resultados apontaram que a manutenção adequada das instalações e equipamentos é essencial para mantê-los em boas condições de funcionamento. Isso garante a utilização ideal das instalações e recursos de produção.

Foi observado na literatura que todos os equipamentos dos sistemas de energias renováveis são projetados para fornecer uma quantidade e qualidade predeterminada de produção e este objetivo só pode ser alcançado quando o equipamento é suportado por uma manutenção adequada. Na ausência de manutenção, mesmo os melhores dispositivos acabarão por avariar prematuramente. Portanto, inspeções regulares, lubrificação, reparos, etc., devem ser realizadas para manter a confiabilidade e eficiência do equipamento. A manutenção adequada ajuda a maximizar o desempenho da produção de energia, evitando avarias e minimizando as perdas causadas por avarias.

Por último, há necessidade de uma avaliação clara do programa de manutenção e critérios de avaliação que devem mostrar as métricas críticas a serem utilizadas pelo sistema, bem como os parâmetros de base para critérios de comparação e avaliação de desempenho do sistema. A manutenção é um processo contínuo, especialmente no setor em constante desenvolvimento de energias renováveis, portanto, um programa de gestão de manutenção deve estar sujeito a alterações se não atender aos objetivos estabelecidos.

Portanto, estudos futuros podem ser focados na revisão e análise das abordagens recentes que se baseiam na aplicação de softwares e sistemas computacionais de diagnóstico de falhas e tempo de vida dos sistemas instalados, seu papel e as melhorias que trazem na solução de problemas e no tratamento de ações corretivas, especialmente em sistemas fotovoltaicos onde os mecanismos de falha geralmente não são facilmente identificados a olho nu. Mais do que isso, almeja-se alcançar melhorias em termos de práticas de gerenciamento de manutenção, gerenciamento de desempenho do sistema e estabilidade da rede do que a configuração de rede convencional/tradicional.

Referências

- ARSOVSKI, S *et al.* Abordagem Estratégica à Gestão da Manutenção: Um Estudo de Caso. **Strojarstvo** 53 (5), 341-352. 2011.
- ASSIS, L. E. **Avaliação e aproveitamento da energia de ondas oceânicas no litoral do Rio Grande do Sul**. 2010. 82 p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- ASSIS, L. E. de; BELUCO, A.; ALMEIDA, L. E. B. Avaliação e aproveitamento da energia das ondas oceânicas no litoral do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18, n.3, p. 21-29, jul/set 2013.
- BAKLOUTI, A *et al.* Uma Política Ótima de Manutenção Preventiva para um Sistema Solar Fotovoltaico. **Sustentabilidade** 12 (10), 4266. doi:10.3390/su12104266. 2020.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. M. D. **Geração de energia elétrica: fundamentos**. São Paulo: Érica, 2012.
- CARVALHO, A. R. L. **Reservatórios de regularização de usinas hidrelétricas: contribuição para uma matriz energética mais limpa**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- CARVALHO, J. T. **Simulação da distribuição de energia das ondas oceânicas ao largo do litoral brasileiro**. 2010. 143 p. Dissertação (mestrado) – Curso de PósGraduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2010.
- CHEBEL-MORELLO, B *et al.* E-manutenção para Sistema de Geração de Energia Fotovoltaica. **Energ. Prosseguiu**. 18, 640-643. doi:10.1016/j.egypro.2012.05.077. 2012.
- CHOWDHURY, S.A., E MOURSHED, M. Eletrificação Off-Grid com Sistemas Solares Domésticos: Uma Avaliação da Qualidade dos Componentes. **Renovar. Energ.** 97, 585-598. doi:10.1016/j.renene.2016.06.017. 2016.
- DELI, K., NOEL, D. Operação e Manutenção em Campo de Sistemas Fotovoltaicos em Camarões. **Gerencia de manutenções**. doi:10.5772/intechopen.83730. 2020.
- DHILLON, B. **Confiabilidade, Segurança e Manutenção de Sistemas de Engenharia**. Eng. Sistema Confiabilidade, Saf. Manutenção: Abordagem Integrada. 2017.
- DHILLON, B.S. **Engenharia de Manutenção**. Eng. Manutenção. doi:10.1201/9781420031843. 2002.
- EMBLEMSVÅG, J. Sobre o custo nivelado de energia da energia solar fotovoltaica. **Int. J. Sust. Energ.** 40, 755-780. doi:10.1080/14786451.2020.1867139. 2020.
- ENCINA, Anastacio Sebastián Arce. **Despacho Ótimo de Unidades Geradoras em Sistemas Hidrelétricos Via Heurística Baseada em Relaxação Lagrangeana e Programação Dinâmica**. Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas, 2006.
- EPRI. "Enfrentando os desafios de operação e manutenção solar fotovoltaica". **Desafios**. 2010. Disponível em: http://www.smartgridnews.com/artman/uploads/1/1021496AddressingPVOaMChallenges7-2010_1_.pdf. Acesso em: 20 de abr. de 2022.
- FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2014.
- HERNÁNDEZ-CALLEJO, L *et al.* Uma Revisão de Sistemas Fotovoltaicos: Projeto, Operação e Manutenção. **Energia Solar** 188, 426-440. doi:10.1016/j.solener.2019.06.017. 2019.
- IEA. **Análise e Previsões de renováveis 2018 para o Resumo Executivo 2023** [Internet]. pág. 10 Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/resumo> Acesso em: 20 de abr. de 2022.
- IEA. **Perspectivas Energéticas Mundiais** [Internet]. 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/weo>. Acesso em: 20 de abr. de 2022.

- LI, Z. *et al.* **“Indústria 4.0 - Potenciais para Manutenção Preditiva”**, em Editores Y. Wang, K. Wang, J. O. Strandhagen e T. Yu (Amsterdã, Holanda: Atlantis Press) doi:10.2991/iwama-16.2016.
- MELLO JÚNIOR, Antonio Gonçalves de. **A turbina de fluxo cruzado (Michell Banki) como opção para centrais hidráulicas de pequeno porte.** 2000. Dissertação (Mestrado em energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- MELO, Marcelo Silva de Matos. **Energia eólica: aspectos técnicos e econômicos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- MGONJA, C.T HAMISI, S. Eficácia na implementação do sistema de gerenciamento de manutenção para sistemas fotovoltaicos off-grid em instalações públicas - um estudo de caso do projeto Smp1 na Tanzânia. **Int. J. Mec. Eng. Tecnologia** 8 (7), 869-880. 2017.
- OPREA, S.-V *et al.* **Indicadores de Confiabilidade de Usinas Fotovoltaicas (PV-PP) para Melhoria das Atividades de Operação e Manutenção.** Um estudo de caso de PV-PP Agigea localizado na Romênia. 2019.
- PINTO, M. de O. **Fundamentos de Energia Eólica.** Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- THANGARAJ, S., VELURY, M. Importância da operação e manutenção em um sistema solar fotovoltaico. **Imperial J. Interdisciplinar. Res. (Ijir) Inst dos Grandes Lagos.** Gerenciar Gurgaon, Índia. 2016.
- VAN HORENBEEK *et al.* O efeito da qualidade da manutenção no estoque de peças de reposição para uma frota de ativos. **Trans. IEEE Rel.** 62 (3), 596-607. doi:10.1109/TR.2013.2270409. 2013.
- VAZ, J.C. Gestão da manutenção. In: CONTADOR, J.C., **Gestão de operações: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**, 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. Cap.28, p.397-408.
- VENTURA, C., TINA, G.M. Índices e Modelos de Usinas Fotovoltaicas em Escala de Utilidade para Monitoramento On-Line e Detecção de Falhas. **Sistema de Energia Elétrica. Res.** 136, 43-56. doi:10.1016/j.eprs.2016.02.006. 2016.
- ZILLES, R.; *et al.* **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

CAPÍTULO 2

O IMPACTO POSITIVO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NO SISTEMA DE PRODUÇÃO DA INDÚSTRIA MODERNA

*THE POSITIVE IMPACT OF MAINTENANCE MANAGEMENT IN THE
PRODUCTION SYSTEM OF MODERN INDUSTRY*

Talison David dos Santos Pereira¹

Thiago Santana de Oliveira²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professor, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A análise do estudo aplicado será direcionada aos conceitos em referencial teórico para os processos de manutenção estudados em consonância com os avanços da indústria, como forma de demonstrar o desenvolvimento da gestão da manutenção e seu presente impacto no sistema organizacional, valendo-se de requisitos de desempenho quanto aos procedimentos de manutenção, custos gerenciais, flexibilidade de processos, confiabilidade e viabilidade de recursos. A identificação das etapas apresentadas será organizada e estruturada como forma de abordar características condizente ao procedimento de manutenção aplicado em decorrência da necessidade requerida para determinada ocorrência ou situação, visto que as indústrias têm se direcionado cada vez mais a busca pela melhoria contínua, por uma produção atrelada a confiabilidade, com minimização de perdas e aumento de performance dos processos produtivos, fato este, que se estabelece por uma gestão centrada no planejamento contínuo e adaptativo da manutenção e do seu impacto nos procedimentos da indústria moderna.

Palavras-chave: Tecnologia, Organização, Processo, Qualidade.

Abstract

The analysis of the applied study will be directed to the concepts in the theoretical reference for the studied maintenance processes in accordance with the industry advances, as a way to demonstrate the development of maintenance management and its present impact on the organizational system, making use of performance requirements regarding maintenance procedures, management costs, process flexibility, reliability and resource feasibility. The identification of the presented steps will be organized and structured as a way to approach characteristics consistent with the maintenance procedure applied due to the need required for a certain occurrence or situation, since industries have been increasingly directed to the search for continuous improvement, for a production linked to reliability, minimizing losses and increasing the performance of productive processes, a fact that is established by a management focused on continuous and adaptive planning of maintenance and its impact on modern industry procedures.

Keywords: Technology, Organization, Process, Quality.

1. INTRODUÇÃO

O acesso cada vez mais amplo a informação possibilita um índice de desenvolvimento elevado no comportamento da indústria na sociedade atual, a automatização e modernização de procedimentos outrora considerados ultrapassados, direciona-se a adoção de novos padrões de otimização de trabalho e à adequação de novas tecnologias, na busca de se manter firme mediante as condições estabelecidas para o mercado atual.

A partir da identificação destes avanços, têm-se estabelecido foco na relação de manutenção para se estabelecer um modelo de negócio mais consistente, com a possibilidade de identificar gargalos de produção, manifestações negativas de desempenho, custos indesejados, além de possibilitar o aumento na produtividade da organização.

O setor industrial tem se direcionado a necessidade de acelerada adaptação, mediante a estruturação de processos e diminuição do decaimento nas linhas de produção, na busca de evitar perdas operacionais, atrasos de trabalho, incidências de falhas e redução de desempenho. Para isso, faz-se importante entender como a aplicação de uma adequada gestão nos procedimentos de manutenção, pode impactar positivamente na estrutura do negócio.

Em virtude deste avanço alinhado a tecnologia, questiona-se os impactos da gestão da manutenção aplicada aos sistemas de produção das indústrias, uma vez que se estabelece parâmetros de otimização de processos, planejamento de tarefas, implantação e dimensionamento de metas no enquadramento de ações do sistema.

O estudo se direciona ao objetivo de identificar os processos de manutenção e suas componentes, assim como verificar sua utilização e apresentar através de uma abordagem comparativa os impactos gerados no ambiente da indústria, servindo de fonte às organizações que buscam implementar e/ou adequar seu procedimento de produção.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa a ser realizada será uma revisão bibliográfica, onde o estudo terá uma abordagem descritiva referente ao procedimento de gestão da manutenção e suas componentes na aplicação de sistemas do setor secundário, a pesquisa será realizada em livros, dissertações, artigos científicos, normas técnicas e documentos nacionais selecionados através de busca nas seguintes bases de dados livros, normas técnicas, documentos físicos, sites de banco de dados. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 10 anos, com possibilidade de exceções para informações mais consistentes evidenciadas a um período mais longo.



2.2 Resultados e Discussão

A gestão da manutenção é aplicada de forma a promover o desempenho adequado dos processos, através da identificação de não conformidades provenientes de falhas de máquinas, equipamentos e procedimentos. A manutenção eficientemente aplicada possibilita a parada de máquina ou equipamento utilizado de forma previamente planejada conforme Alan Kardec Pinto e Júlio Aquino Nascif Xavier (2009). O processo de manutenção bem aplicado, se torna um diferencial de confiabilidade na estruturação dos processos, valendo-se de condições e procedimentos acompanhados por adequada gestão e disponibilidade de envolvimento dos setores de escala operacional até a divisão gerencial conforme João Ricardo Barusso Lafraia (2001).

A indústria moderna é caracterizada pela aproximação de trabalho entre o fator humano, a máquina e meio digital, possibilitando a adequação do processo produtivo e contribuindo para uma produção mais rápida e sistematizada, sendo mínima a interferência humana neste processo, estabelecendo condições de desenvolvimento e inovação para as organizações conforme Cristiano Bertulucci Silveira (2017).

2.2.1 Atividades de manutenção aplicado a indústria

A manutenção aplicada para melhorar, manter ou recuperar um recurso necessário para produção é efetuada de diferentes formas, em distintas ocorrências, e com técnicas específicas, as práticas que podem se designar como os tipos de manutenção segundo Kardec e Nascif (2009), sendo as principais são: manutenção preventiva e manutenção corretiva. A manutenção preventiva vai se direcionar na busca pela eliminação prévia de falhas, se antecipando a possíveis pontos de manifestações indesejáveis de desempenho, o que irá contribuir para a consistência do processo, sendo válido a sua utilização com maior segurança para garantir a qualidade e funcionamento de máquinas, equipamentos, instalações e recursos.

Predefinir o tempo programado para realizar a verificação de funcionalidade de determinado item, ou estabelecer critérios com o objetivo de reduzir falhas ou inconsistências dele, é a composição da manutenção preventiva conforme a Norma NBR 5462 (1994). A produção sistematizada na rapidez é um dos objetivos das organizações que buscam se estabelecer no mercado competitivo. A aplicação deste processo de manutenção em sistemas automatizados é analisada de forma positiva devido à crescente adequação da indústria à automação segundo (SILVEIRA, 2017), estando alinhado a confiabilidade e segurança do equipamento.

A constatação de falhas viabiliza a manutenção corretiva de recursos de produção, a partir da identificação de avarias expostas por baixo desempenho de funcionamento, busca-se o reparo imediato a fim de retomar as atividades produtivas conforme Paulo Samuel de Almeida (2015). Segundo a Norma NBR 5462 (1994, p. 7), a manutenção corretiva é "efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida". O conhecimento específico do recurso utilizado é de relevante importância na busca para solucionar o problema identificado.

Conforme Kardec e Nascif (2009, p.39), “a manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção”, sendo esta manutenção decorrente de falta de inspeções condicionadas ao funcionamento da máquina ou equipamento. A fonte de dados registrados e disseminados adequadamente contribui para uma mudança de comportamento do sistema, o processo passa a se direcionar a práticas mais efetivas aplicada a novos projetos, o que evita perda no tempo de execução e maximiza o desenvolvimento operacional, tanto do fator humano quanto do fator de utilidade das máquinas e equipamentos, de forma a prevalecer a alta performance segundo José Carlos Souza Oliveira (2013).

2.2.2 Dimensionamento de custos aplicados no processo de manutenção

A aplicabilidade de manutenções previamente estabelecidas para evitar inconformidades com os processos realizados no sistema de produção engloba as diretrizes principais de gestão da manutenção devido a inviabilidade de ocorrência de uma eventual parada, podendo ser exemplificada pela ruptura de um componente de determinado maquinário onde a empresa terá que agir imediatamente para sanar tal problema, visto que a necessidade de manter os equipamentos em constante operação está relacionada com as etapas de manutenção, seja de maneira pontual, ou realizada de maneira geral conforme Kardec e Nascif (2009).

Um dos fatores que mais interfere no processo das organizações é a ocorrência de falhas que interrompem a produção, devendo ser priorizada a sua resolução conforme Harilaus Georgius Xenos (2004), podendo estar relacionada a fontes diversas, como causas provenientes de ações humanas, ou até mesmo devido a condições inadequadas de gestão, entretanto, uma das contribuintes mais comuns é verificada por verificação de defeitos em máquinas, equipamentos e recursos utilizados. A gestão da manutenção pode ser aplicada de forma pontual, ou realizada de maneira geral, conforme Kardec e Nascif (2009) uma das componentes a se observar é o custo direto aplicado a manutenção, sendo: custo de mão de obra direta, custos de materiais e custo de serviços de terceiros.

Como forma de melhorar o processo industrial, deve-se identificar as possíveis causas primárias de uma eventual parada de produção, onde deve-se: observar as máquinas e tentar descobrir problemas; reduzir os defeitos a zero, mesmo que isso seja aparentemente impossível; analisar as operações comuns a produtos diferentes e procurar diminuir os custos; e procurar os problemas, conforme explanado por Petrônio G. Martins e Fernando P. Laugeni (2005),

A interferência do processo de produção pode se dar pela disponibilidade ou indisponibilidade de determinado equipamento na linha produtiva, o que implicará diretamente no valor de estoque da empresa e no seu custo operacional conforme Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (2017).

| Setores | Disponibilidade dos Equipamentos (%) | Indisponibilidade Devido a Manutenção (%) | Valor do Estoque / Custo de Manutenção (%) |
|---|--------------------------------------|---|--|
| Açúcar e Alcool, Alimentos e Bebidas | 81% | 26% | 41% |
| Aeronáutico e Automotivo | 82% | 6% | 39% |
| Eletroeletrônicos - Energia Elétrica | 95% | 4% | 39% |
| Químico e Sanamento | 88% | 13% | 13% |
| Mineração e Siderúrgico | 88% | 8% | 27% |
| Petróleo e Petroquímico | 88% | 2% | 32% |
| Papel e Celulose e Plástico | 92% | 3% | 26% |
| Predial e Prestação de Serviços (EQ e MO) | 83% | 7% | 24% |
| Máquinas e Equipamentos - Metalúrgico | 90% | 4% | 33% |
| Média Geral | 87% | 8% | 30% |

Tabela 1 – Controle da Manutenção – Disponibilidade - Custo

Fonte: ABRAMAN (2017)

O custo de manutenção acaba se identificando como alta porcentagem (ABRAMAN; 2017) quando a organização não se planeja de forma a identificar a situação de status do seu equipamento, em busca de verificar se tal recurso está disponível para utilização, ou se necessitará de manutenção devido sua indisponibilidade.

A estrutura de gestão e estratégia para melhoria do processo de produção envolvendo componentes que atuam de forma complementar ao procedimento de manutenção consiste em “custos de amortização, depreciação, iluminação, energia elétrica e outras utilidades” (KARDEC; NASCIF, 2009), além de instrumentos gerais que são utilizados para acompanhamento da manutenção aplicada, onde o gasto não será analisado de forma direta no escopo da gestão.

Conforme explanado por Kardec e Nascif (2009) faz-se interessante observar a diferença do que se propõe ser o custo indireto, que por sua vez se direciona aos estudos organizacionais que não podem ser referenciados a um determinado equipamento ou ponto de serviço específico, abrangendo a sua atuação de forma mais geral dentro de um sistema produtivo.

2.2.3 Análise de desempenho de gestão da manutenção

A estrutura de determinada empresa cuja demanda é considerada baixa e com rápido processo de entrega de produto ou serviço, destacando-se por exemplo uma fábrica automobilística cuja atividade será realizada nas dependências internas do estabelecimento, sendo caracterizada como o tipo de manutenção centralizada conforme (KARDEC; NASCIF, 2009).

As indústrias, por sua vez, buscam a melhoria de seus processos através de sua aplicação no layout fabril, sendo um local geograficamente vantajoso devido a sua abrangência de escopo de atuação com determinações consideradas limitadas, onde há a aplicabilidade de “grande concentração de equipamentos numa área relativamente pequena” (KARDEC; NASCIF, 2009)

Quanto à manutenção descentralizada, Kardec e Nascif (2009) abordam que é ca-

racterizada pelas características do processo e a grande distância entre as suas diversas linhas de produção, onde acontece um sequenciamento de etapas fabris em que a gestão se torna componente ativa da execução da atividade, não sendo um processo geograficamente limitado, diferente da manutenção centralizada.

Em decorrência da globalização e a possibilidade de interação entre organizações, atualmente tem crescido o índice de atividades em parcerias de grandes plantas industriais, o que permite a aplicação destes dois segmentos de manutenção de forma mútua, sendo caracterizado por manutenção mista (KARDEC; NASCIF, 2009), onde se aplicam as diretrizes da manutenção centralizada juntamente ao processo da manutenção descentralizada, favorecendo a capacidade de produção industrial aplicada, observado na figura a seguir.

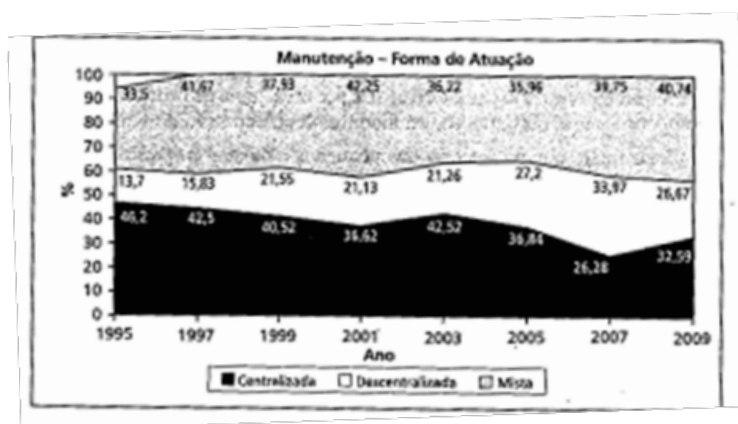


Figura 1 – Manutenção – Forma de atuação
 Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 72)

Kardec e Nascif (2009) demonstram na Figura 1 que no período de 1995-2009, o mercado tem se adaptado ao uso da manutenção de forma mista, em decorrência dos polos industriais, verificado em média de aplicação das organizações em 39% de manutenção centralizada, 23% de manutenção descentralizada e 38% da manutenção mista.

A consistência de um decorrente trabalho focado na qualidade ocorre com a contínua busca por aprimoramento organizacional, especificamente na abordagem da manutenção aplicada na empresa através de um plano pré-definido, (XENOS; 2004) aborda que “um plano de manutenção consiste em um conjunto de ações preventivas e de datas para sua execução”, optando de forma objetiva por um cronograma de manutenção, com objetivo de realizar inspeções pontuais e minimizar a perda de recursos.

A partir da implementação do plano estabelecido, a indústria poderá especificar as posteriores ações a serem tomadas, uma destas ações explanadas por Xenos (2004) é o ciclo PDCA – Plan Do Check Action, onde a organização adotará o seu planejamento, plano de manutenção e/ou padrões a serem executados mediante a necessidade da atividade a ser realizada, o que contribui para a análise de performance da organização.

A análise baseada em identificar e ter como prioridade as falhas potenciais nos equipamentos utilizados, sistemas ou processo é caracterizada pela ferramenta FMEA – Failure Mode and Effect Analysis, (KARDEC; NASCIF, 2009) sendo um sistema capacitado para fornecer pontos de melhorias quanto as ações preventivas, de forma a considerar no projeto todos os pontos possíveis, desde a manutenibilidade até diretrizes de segurança.

Segundo Kardec e Nascif (2009) a ferramenta FMEA tem foco nas falhas ocasionadas pelo processo, além de suas causas, e como forma de mitigar as imprevistas ocorrências, para a manutenção, analisa-se as inconformidades e realiza o levantamento e registro de dados cabíveis a solucionar o atuante de falha, sequenciando a continuidade do processo.

A gradação de desenvolvimento da indústria busca através de etapas de melhoria, a qualidade dos seus processos de forma interna e/ou externa, com as condições de se manterem em competitividade ao mercado, valendo-se das estruturas pré-estruturadas de inspeções e manutenções que visam a consolidação das suas atividades.

3. CONCLUSÃO

A manutenção pode ser aplicada em conformidade com o planejamento prévio, ou em detrimento de produção, com o objetivo de contribuir da melhor forma possível para o avanço dos processos executados, onde a gestão da manutenção implicará no resultado favorável em referência a necessidade da organização. A indústria se direciona a implantar e validar a manutenção como parte integrante ativa dos seus procedimentos, onde as técnicas aplicadas não se limitam apenas a um segmento industrial, e a programação realizada é planejada de forma a evitar ocorrência de inconformidades.

O estudo de aplicabilidade da manutenção, sendo realizado de forma complementar a manutenção preventiva e manutenção corretiva, pode ser direcionado aos índices pré-definidos pela organização, de forma a contribuir para identificação de pontos de melhoria e consistência produtiva. O dimensionamento é definido em conformidade a especificação da necessidade do sistema e sua organização, em que há possibilidade de uma manutenção mais centralizada, para indústrias com linhas de produção de menor abrangência, em diferença a manutenção aplicada de forma descentralizada, onde a incidência será em sistemas com linha de produção mais abrangente.

Este estudo e referenciamento prévio, contribui para uma programação adequada do processo industrial, identificando as propostas cabíveis de conformidade produtiva, e estabelecendo medidas necessárias quanto a previsão de eventuais ocorrências, no intuito de se obter uma resolução eficiente e rápida.

A gestão da manutenção é um processo gradativo e consistente, o impacto gerado por sua implantação é positivo em referência às necessidades industriais, além de ser uma gestão adaptativa com os avanços tecnológicos, onde sua utilização permite evidenciar a consistência da linha de produção livre de falhas, e identificação de pontos de melhoria, valendo-se como um fator contribuinte do desenvolvimento organizacional.

Referências

ABRAMAN - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documento Nacional. Situação da Manutenção no Brasil**. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/sidebar/documento-nacional>>. Acesso em: 28 de mar. 2022.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**: Conceitos básicos e tecnologia aplicada. Editora Érica, 2015.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2001.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção - Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda, 2009.

MARTINS, Petrônio. G; LAUGENI, Fernando. P. **Administração da produção**. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

OLIVEIRA, José Carlos Souza. **Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras**. Revista GEPROS, 2013. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1021/501>> Acesso em 12 nov. 2021.

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. Citisystems. 2017. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em: 04 nov. 2021.

XENOS, Harilaus Georgius. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Editora Falconi, 2004.

CAPÍTULO 3

MOTORES A DIESEL: SISTEMAS DE INJEÇÃO ELETRÔNICA DE COMBUSTÍVEL

DIESEL ENGINES: ELECTRONIC FUEL INJECTION SYSTEMS

Karliton Fontinele Silva¹
Silmayra Marques da Silva²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professor, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente trabalho se inicia com o interesse em aprofundar o conhecimento na área dos sistemas de combustível de motor a diesel, que tem como componente base o óleo diesel. O motor diesel realiza a queima do óleo diesel de forma que ele transforme energia, tal energia térmica será transformada em energia mecânica. Para a injeção desse combustível temos diversos sistemas para esses motores a diesel. Dentro dos sistemas de unidade injetora, tem-se: unidade de pressão, unidade injetora, unidade injetora com funcionamento hidráulico, injetores I-ART, sistemas *Common Rail* de injeção eletrônica diesel. Salientando que no presente trabalho, irá ser tratado sobre sistemas analógicos e digitais de injeção eletrônica. Deseja-se mostrar quais as vantagens dos tipos mais utilizados de injeção de combustível para motores a diesel, bem como demonstrar suas aplicações, seus funcionamentos, destacando seus pontos positivos e negativos dos mais usuais no mercado. Serão discutidos os sistemas de injeção eletrônica de combustível, esse sistema possui uma capacidade de poder dimensionar e regular a quantidade e tempo de injeção de combustível. Como procedimento metodológico tem-se o trabalho bibliográfico, com análise descritiva, também chamada de pesquisa qualitativa, onde as informações não podem ser quantificáveis. A injeção eletrônica digital é em geral um software. Nela é possível ter acesso a maneira como o motor está trabalhando, de modo a ter um maior controle do seu funcionamento. Desse modo, os sistemas de injeção eletrônica são mais viáveis por possuírem um maior benefício ecológico e econômico.

Palavras-chave: Motor. Sistema de Combustível. Diesel.

Abstract

The present work begins with the interest in deepening the knowledge in the area of diesel engine fuel systems, which has diesel oil as its base component. The diesel engine performs the burning of diesel oil so that it transforms energy, such thermal energy will be transformed into mechanical energy. For the injection of this fuel we have several systems for these diesel engines. Within the injection unit systems, there are: pressure unit, injection unit, injection unit with hydraulic operation, I-ART injectors, Common Rail systems of diesel electronic injection. Noting that in the present work, we will deal with analog and digital electronic injection systems. It is intended to show the advantages of the most used types of fuel injection for diesel engines, as well as to demonstrate their applications, their functioning, highlighting their positive and negative points of the most common in the market. We discussed electronic fuel injection systems, this system has the ability to scale and regulate the amount and time of fuel injection. As a methodological procedure, there is the bibliographic work, with the descriptive analysis, also called qualitative research, where the information cannot be quantified. Digital electronic injection is generally software. In it, it is possible to have access to the way the engine is working, in order to have greater control of its operations. In this way, electronic injection systems are more viable because they have a greater ecological and economic benefit.

Keywords: Engine. Fuel system. Diesel.



1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de combustível de motor a diesel possuem um componente base que é o óleo diesel. Atualmente sua maior demanda é centrada para automóveis de grande porte. O diesel tem em sua composição diversos elementos: carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio, também se encontra enxofre, mas em baixa quantidade.

O motor diesel realiza a queima do óleo diesel de forma que ele transforme energia, essa energia térmica será transformada em energia mecânica. Deste modo o trabalho será realizado pelo motor por meio de uma combustão interna. O uso de motores a diesel passou a ser difundido devido a alguns benefícios, como por exemplo, o baixo custo e a elevada capacidade térmica.

No decorrer do tempo foram desenvolvidos diversos sistemas de injeção de combustível para motores a diesel. Dentre os sistemas de unidade injetora, tem-se: unidade de pressão, unidade injetora, unidade injetora com funcionamento hidráulico, injetores I-ART, sistemas *Common Rail* de injeção eletrônica diesel. Seguindo a proposta do trabalho, será tratado sobre os sistemas analógicos e os sistemas digitais de injeção eletrônica.

Pode-se observar que nos últimos trinta anos, desde o momento de sua invenção, é uma temática que vem demandando atenção e passando por inovações constantes, visando desenvolver sistemas que sejam minimamente nocivos ao meio ambiente e cada vez mais econômico.

A injeção eletrônica de motores a diesel, que anteriormente era apenas mecânica, é uma forma que exerce maior controle sobre o sistema de combustão e torna menor sua nocividade ao meio ambiente. De forma que o tema trabalha fatores de extrema importância econômica, ecológica e científica.

A pesquisa irá relatar de maneira técnica os sistemas de injeção eletrônica, de forma que seja possível ter um parâmetro científico de cada tipo. Deste modo poderão ser trabalhados os amplos benefícios. Portanto, a pesquisa trará uma visão holística de um assunto com pouca notoriedade.

No âmbito social será possível trazer a conscientização de que existem formas de realizar combustão no sistema com o menor impacto ambiental possível, bem como no âmbito acadêmico, onde fornecerá parâmetros para possíveis pesquisas posteriores. A presente pesquisa visa responder o seguinte questionamento: Quais são as vantagens dos tipos mais utilizados de injeção de combustível?

Diante das vastas possibilidades de injeção de combustível para motores a diesel, coloca-se como objetivo geral compreender os seus funcionamentos, para que possibilite uma discussão acerca dos tipos. Como objetivos específicos busca-se estudar os tipos de injeção de combustível, descrever seus modelos de forma técnica e apontar as aplicabilidades dos tipos de injeção eletrônica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para a construção do presente trabalho, escolheu-se como procedimento metodológico o trabalho bibliográfico, ou seja, o levantamento de fontes documentais com abordagem descritiva. A pesquisa descritiva, também chamada de pesquisa qualitativa, trata-se do método onde as informações não podem ser quantificáveis e os dados recolhidos são analisados indutivamente (RODRIGUES, 2007).

O trabalho foi iniciado por meio de uma revisão bibliográfica qualitativa e visando demonstrar resultados descritivos da proposta de pesquisa, que é relatar os tipos de injeção eletrônica. A pesquisa prioritariamente foi realizada nas seguintes fontes: Google Acadêmico e Scielo onde foi possível constatar que havia um vasto campo de estudos na literatura para que fosse possível a investigação do assunto o que tornou possível o embasamento teórico para tratar os tipos de injeção eletrônica, juntamente com suas qualificações.

Para embasamento teórico utilizou-se alguns artigos referentes ao tema, tais como: "Análise e simulação de mapas base de injeção eletrônica de combustível para motores de ignição a centelha" e "Injeção eletrônica programável para automóveis" ambos de Andreoli (2009/2011) que referencia a definição de injeção eletrônica e seus benefícios ao motor, também o livro "Motores de Combustão Internado" de Brunetti (2018) que aborda detalhes dos sistemas analógicos e digitais.

Para a elaboração desse trabalho fez-se necessário a delimitação de seu processo de construção e seus resultados. Assim, teve início em 03 de Março 2022, período em que se realizou a busca por material referente ao tema, o material estudado tem um limite de publicações dentre os últimos 20 anos. Após essa busca, os dados foram analisados no período de 12 de Março a 27 do mesmo mês, e em seguida a obtenção das respostas às perguntas e hipóteses levantadas chegando aos resultados finais.

2.2 Resultados e discussão

Na pesquisa foi analisado que os sistemas de injeção eletrônica possuem um maior controle da injeção e queima de combustível (LIMA, 2022). Segundo Dambrós (2001) o motor acompanhado de um sistema eletrônico tem maior estabilidade de funcionamento, e maior eficiência.

Foi constatado que nos cilindros do motor, devido à injeção eletrônica, é possível realizar sua distribuição de forma correta. Também se observa que o motor terá uma melhor resposta em relação aos eventos breves, tendo um melhor aproveitamento e menor risco de explosão, isso se dá devido a duas condições: a primeira é o tempo decorrente do processo e a segunda é a sua constituição (FERRARI, 2005).

Quando a pesquisa foi direcionada para os tipos de injeção eletrônica foi constatado



que um dos sistemas que utiliza a injeção eletrônica, o sistema Cammon Rail, é o modelo de injeção eletrônica mais eficaz (OLIVEIRA, 2011). Onde ocorre o maior funcionamento do motor devido a sua alta capacidade de monitoramento do motor. Visto que ele faz uso de sensores diversos (temperatura, volume e pressão.) para coleta de dados da atuação do mesmo (LIMA, 2011).

Dados que os principais tipos de injeção eletrônica são os sistemas analógicos e digitais, constatou-se que o sistema analógico possui um nível de complexidade menor que o digital, que realiza seu trabalho de maneira linear (BRUNETTI, 2018). Enquanto no sistema digital haverá um software, que recebe, lê e responde de acordo com o que foi analisado. (DAMBRÓS, 2001).

No momento em que comparados os dois sistemas, observa-se que o digital tem um fator de vantagem. O sistema digital traz possibilidade para o usuário acompanhar as inovações de maneira simples (DAMBRÓS, 2001).

Pesquisadores da área como Dambrós (2001), Oliveira (2011), Brunetti (2018), Lima (2011) e Ferrari (2005) afirmam que os sistemas de injeção eletrônica possuem uma eficácia muito maior que os antigos motores a diesel, os autores demonstram que o número de benefícios é bem maior. Os benefícios do controle de combustível nos motores a diesel levam ao cuidado do meio ambiente, emitindo menos gases na atmosfera e impacto na economia do usuário, consumindo menos combustível.

Quando se trata dos diferentes tipos citados nos resultados, o sistema digital possui um diferencial dos demais sistemas, visto que em um mundo tecnológico onde cada vez mais obtemos inovações é necessário um constante aprimoramento. Esta possibilidade de acompanhar as mudanças de maneira simples é dada por este sistema, que através da implementação apenas do software o seu usuário já possui uma máquina atualizada. No entanto, na injeção analógica apesar de ter os mesmos benefícios de economia de combustível e redução de gases, não haverá tal possibilidade de melhoramento rápido e descomplicado.

3. CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho é tratar de sistemas analógicos e digitais de injeção eletrônica. Mostrando quais as vantagens dos tipos mais utilizados de injeção de combustível para motores a diesel, demonstrando suas aplicações e seus funcionamentos. Trata-se de um tema que vem demandando atenção e passando por inovações constantes.

Os principais tipos de injeção eletrônica são os sistemas analógicos e digitais. Constatou-se que o sistema analógico possui um nível de complexidade menor que o digital, que realiza seu trabalho de maneira linear. Um dos sistemas que utiliza a injeção eletrônica, o sistema Cammon Rail, é o modelo de injeção eletrônica mais eficaz.

A injeção eletrônica digital é em geral um software, que recebe, lê e responde de acordo com o que foi analisado. Nela é possível ter acesso a maneira como o motor está funcionando, tendo controle desse funcionamento. Assim, os sistemas de injeção eletrô-

nica são mais viáveis possuindo maior benefício ecológico e econômico. Com isso, nota-se que ocorre a conscientização ambiental, pois essa é uma forma de realizar combustão no sistema com o menor impacto ambiental possível.

Assim, concluí-se que o sistema digital traz possibilidade para o usuário acompanhar as inovações de maneira simples. O sistema digital ganha um diferencial dos demais sistemas, visto que em um mundo tecnológico onde cada vez mais obtemos inovações é necessário um constante aprimoramento.

Na injeção analógica apesar de ter os mesmos benefícios de economia de combustível e redução de gases, não haverá essa possibilidade de aprimoramento. O sistema digital traz possibilidade para o usuário acompanhar as inovações de maneira simples.

Os benefícios do controle de combustível nos motores a diesel levam ao cuidado do meio ambiente, emitindo menos gases na atmosfera e impacto na economia do usuário, consumindo menos combustível. Existem outras possíveis abordagens do assunto, onde podem ser trabalhados os tipos de injeção de modo a adicionar seus possíveis malefícios, visto que esse trabalho apenas focou nos benefícios do mesmo.

Referências

- ANDREOLI, Alexandre. **Análise e simulação de mapas base de injeção eletrônica de combustível para motores de ignição a centelha**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- ANDREOLI, Alexandre Giordani. **Injeção eletrônica programável para automóveis**. 2009. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**: volume1/ São Paulo: Blucher, 2012.
- DAMBRÓS, Daniel. **Sistema de apoio da decisão para diagnóstico em Módulos de injeção eletrônica utilizando sistemas especialistas**. 2001. Monografia (Bacharelado em Ciência da Computação)-Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2001.
- JÚNIOR, José Lima. **Sistema de injeção eletrônica diesel (Common Rail)**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica)- Centro Universitário do Sul de Minas-UNIS/MG. Varginha, Minas Gerais, 2011.
- OLIVEIRA, Joel. **Análise dos gases da exaustão em um motor diesel com injeção common rail alimentado com diesel, biodiesel e sem misturas**. 2017. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CAPÍTULO 4

MANUTENÇÃO PREDITIVA EM MÁQUINAS ROTATIVAS

PREDICTIVE MAINTENANCE IN ROTATING MACHINES

Patrício Ferreira Sena¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Utilizadas em diversos setores, as máquinas rotativas são de fundamental importância na produção industrial. Embora estas máquinas sejam projetadas para tolerar pressões intensas, as tensões constantes a que seus componentes são submetidos representam uma ameaça permanente de falha e tempo de inatividade. O objetivo desse artigo é apresentar os conceitos e as metodologias da manutenção preditiva em máquinas rotativas para diagnosticar possíveis defeitos ou falhas antes de suas ocorrências. Foi utilizado o método de pesquisa bibliográfica, tendo como principais autores contribuintes: Fogliato (2021), Kardec e Nascif (2020), Pereira (2020), Ribeiro (2017) e Xenos (2014). Aumentar a Confiabilidade das máquinas rotativas é um objetivo estratégico da manutenção preditiva, saber identificar ativos críticos e aplicar as tecnologias preditivas mais adequadas garante melhor desempenho em termos de confiabilidade e disponibilidade da planta. Conclui-se que, para que um plano de manutenção nas máquinas rotativas tenha êxito é indispensável que o mesmo considere algumas estratégias que se disponham atenuar os tipos de falha identificados com maior frequência nesse tipo de equipamento, utilizando as tecnologias disponíveis para obter a máxima confiabilidade e disponibilidade dessas máquinas.

Palavras-chave: Manutenção, Máquinas Rotativas, Prevenção.

Abstract

Used in various sectors, rotary machines are of fundamental importance in industrial production. While these machines are designed to tolerate intense pressures, the constant stresses their components are subjected to pose a permanent threat of failure and downtime. The objective of this article is to present the concepts and methodologies of predictive maintenance in rotating machines to diagnose possible defects or failures before they occur. The bibliographic research method was used, with the main contributing authors: Fogliato (2021), Kardec and Nascif (2020), Pereira (2020), Ribeiro (2017) and Xenos (2014). Increasing the reliability of rotating machines is a strategic objective of predictive maintenance, knowing how to identify critical assets and apply the most appropriate predictive technologies ensures better performance in terms of reliability and plant availability. It is concluded that, for a maintenance plan in rotating machines to be successful, it is essential that it consider some strategies that are available to mitigate the types of failure most frequently identified in this type of equipment, using available technologies to obtain maximum reliability. and availability of these machines.

Keywords: Maintenance, Rotary Machines, Prevention.



1. INTRODUÇÃO

Todo equipamento exhibe durante seu tempo de vida útil falhas originadas por defeitos de fabricação, por manejo inadequado e, ainda, por uma manutenção deficiente. Ainda que sejam falhas pequenas, estas, quando não resolvidas no período correto podem apresentar implicações bastante graves, provocando, desta maneira, prejuízos significativos e à frente do previsto, reforçando a necessidade da manutenção.

O termo manutenção vem do vocabulário militar e significa manter nas unidades de combate o efetivo e o material em nível constante e em adequada condição de uso. A manutenção incide em um conjunto de ações técnicas, administrativas e supervisionais que visam manter os ativos em perfeito estado de funcionamento, assegurando, desta forma, o aproveitamento planejado e desejável de tais ativos, sustentando níveis de produção, segurança e lucratividade.

Nas áreas industriais e de produção em geral, a manutenção tornou-se um meio de assegurar a disponibilidade dos equipamentos, das máquinas e das instalações de forma a acatar a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança, preservação do meio ambiente e custo apropriado.

A manutenção no setor produtivo era considerada, a princípio, eminentemente corretiva, isto é, era realizada apenas quando um equipamento exibia um dano ou quando apresentava uma quebra de uma peça ou equipamento, sendo substituído esse componente defeituoso. Nesse período, estudos sobre a manutenção em máquinas rotativas começaram a ser desenvolvidos, culminando em um importante crescimento tecnológico industrial, modificando o conceito de manutenção.

Entre os diversos tipos de manutenção, tem-se a manutenção preditiva, também chamada por monitorização da condição ou manutenção baseada na condição, que avalia o estado real dos equipamentos com recurso a equipamentos específicos, tendo por escopo ajustar o planejamento da manutenção preventiva, detectar precocemente possíveis falhas, prevenir o aparecimento de defeitos ou falhas complexas e ajustar a tomada de decisões com embasamento em dados reais, sendo o tema deste estudo.

A manutenção preditiva utiliza diversas técnicas para prever quando a peça ou componente de uma máquina estarão próximos do seu limite de vida útil. Existem muitas técnicas eficazes na detecção de defeitos e na avaliação do estado de um componente. Quanto mais cedo ocorre essa detecção, mais tem-se o controle sobre a situação da máquina.

As técnicas preditivas têm por objetivo prevenir falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos nas máquinas rotativas. Também permitem, através da análise periódica dos parâmetros da máquina, a indicação da natureza da falha e estabelecer quais são os elementos críticos do sistema. Entre os métodos mais usados estão a termometria, análise de óleos lubrificantes, ultrassom, ferrografia e análise de vibração.

O desenvolvimento desse artigo se justifica por reconhecer a importância da efetivação da manutenção preditiva para, a partir da análise dos parâmetros pré-estabelecidos

e de suas técnicas, identificar indícios que conduzam a prevenção de uma possível falha nas máquinas rotativas. Assim, é possível reduzir as falhas operacionais e manutenções corretivas não planejadas.

A elaboração deste estudo, vem possibilitar o conhecimento necessário para planejamento de programas preventivos focado na manutenção adequada de máquinas rotativas, para assegurar a integridade física dos mantenedores e operadores.

A maioria das máquinas industriais opera a partir de motores, que podem, com o uso, desenvolver defeitos ou falhas. Estas ocorrências podem causar paradas das máquinas rotativas e/ou a diminuição do nível de eficiência do processo produtivo. Quando uma máquina desenvolve um defeito ou falha, apresenta sinais que demandam quando observados e analisados possibilitam a realização uma metodologia de manutenção preditiva, que engloba ações imprescindíveis para que um item seja conservado ou restaurado de modo a poder ser utilizado com segurança, disponibilidade e confiabilidade estabelecidos. Nesse contexto, questiona-se: qual os benefícios da utilização da manutenção preditiva em equipamentos e máquinas rotativas?

O objetivo geral desse artigo é apresentar os conceitos e as metodologias da manutenção preditiva em máquinas rotativas para diagnosticar possíveis defeitos ou falhas antes de suas ocorrências. Quanto aos objetivos específicos, foram definidos: apresentar e explicar os tipos de manutenção que reduzem as chances de falha, tempo e gastos necessários com as máquinas; expor o conceito e os aspectos que permeiam especificamente a manutenção preditiva; e, pesquisar como ocorre a manutenção preditiva nas máquinas rotativas.

2. MÁQUINAS ROTATIVAS

Uma máquina elétrica é aquela que possui um circuito magnético em seu projeto, o que é essencial para seu funcionamento ao utilizar energia elétrica, e representa uma forma de conversor de energia. É feita uma distinção entre máquinas elétricas rotativas, incluindo vários tipos de motores e geradores, e máquinas elétricas estacionárias, que incluem transformadores (ALMEIDA, 2015).

As máquinas elétricas usam as propriedades da interação eletromagnética e são baseadas em efeitos de indução eletromagnética e força magnética, que são descritas pela força de Lorentz e, para alguns tipos de máquinas, pela força de relutância magnética, que é a grandeza física análoga à resistência em circuitos elétricos (CABRAL, 2021).

O grupo de máquinas elétricas estacionárias ou estáticas inclui transformadores e, em particular, aqueles utilizados no campo da engenharia elétrica, como transformadores de potência. No caso das máquinas elétricas estacionárias, os efeitos da força magnética desempenham apenas um papel subordinado ou indesejável, uma vez que nenhum movimento é realizado e a função de um transformador é transformar as tensões de corrente entre diferentes níveis de tensão (KARDEC; NASCIF, 2020).

Quanto as máquinas elétricas rotativas, formam uma categoria caracterizada por um



grande número de diferentes configurações e áreas de aplicação, cujos efeitos da força magnética desempenham um papel central. Essas máquinas são usadas para converter energia elétrica em energia mecânica ou vice-versa. Se a energia elétrica é convertida em energia mecânica, fala-se de um motor elétrico, se a energia mecânica é convertida em energia elétrica, fala-se de um gerador elétrico (SANTOS NETO; LEITE; NASCIMENTO, 2018).

Alguns tipos de máquinas elétricas rotativas podem ser operadas tanto como motor quanto como gerador, a função específica é determinada pela faixa de operação da máquina. Por causa disso, também há sobreposições no uso conceitual de motor ou gerador (SOUSA NETO, 2021).

Destaca-se que toda conversão de energia está associada a uma perda de energia na forma de calor. Porém, uma vantagem das máquinas elétricas é que suas perdas são pequenas, de modo que atingem um alto nível de eficiência. Grandes máquinas elétricas podem atingir eficiências de até 99%, por isso sua aplicação nos setores industriais é justificado (VIANA, 2022).

As máquinas elétricas rotacionais são utilizadas em todas as áreas da tecnologia, indústrias, vida cotidiana, transporte, medicina e outras áreas. A faixa de potência dessas máquinas se estende de ordens de magnitude abaixo de um microwatt (por exemplo, relógios ou tecnologia de microssistemas) a mais de um Gigawatt (1 GW = 1.000.000.000 watts), como acontece com os turbogeradores usados em usinas de energia (ALMEIDA, 2018).

Pires e Okada (2020) referem-se às máquinas rotativas como aquelas que possuam um eixo sobre o qual o mesmo é rotacionado ao redor de si mesmo. Essas máquinas são compostas, especificamente, pelo rotor, mancais e estrutura de suporte. Podem ser classificadas de acordo com vários critérios, as classificações não são uniformes na literatura e são caracterizadas por sobreposições. A classificação pode ser baseada no tipo de corrente utilizada, como corrente contínua ou corrente alternada.

Uma outra classificação pode dizer respeito ao modo de operação da máquina e levar a uma subdivisão em comutadoras, assíncronas e síncronas. Cada um desses grupos é dividido em diferentes tipos de máquinas, que são divididas em outras classes (BALDISARELLI; FABRO, 2019).

Dessa forma, as máquinas rotativas estão entre os equipamentos mais importantes no fornecimento de energia e trabalho na indústria, sendo essenciais para a fabricação de todos os produtos beneficiados. De compressores, a bombas e motores, a rentabilidade dos sistemas depende da produtividade das máquinas utilizadas (FOGLIATO, 2021).

Ao mesmo tempo, as máquinas rotativas exibem uma expressiva quantidade de mecanismos de falhas, que ocorrerem por operação imprópria, sobrecargas, manutenção pouco eficiente, conservação inadequada, falha elétrica ou mecânica, sabotagem, etc (PEREIRA, 2020).

Embora os sistemas convencionais sejam construídos para suportar forças de compressão significativas, há um alto risco de quebras e tempo de inatividade devido ao

constante estresse maciço nos componentes da máquina. As cargas mecânicas durante a operação podem causar deformações ou defeitos dentro da máquina, o que pode levar a paradas operacionais e altos custos de reparo. As falhas de natureza mecânica constituem somente uma parcela das probabilidades de falha de uma máquina. Sendo assim, a adequada identificação das falhas acarreta efeitos imediatos para a máquina em operação, refletindo da mesma maneira nos custos (PIRES; OKADA, 2020).

Devido aos muitos pontos de pressão e tensão de torção nos múltiplos pontos de conexão das máquinas rotativas, não é surpreendente que a manutenção adequada seja considerada um fator crítico na operação contínua das máquinas. Vedações, correias, freios e rolamentos em sistemas rotativos estão particularmente expostos a altas cargas devido às fortes forças de compressão e alta energia rotacional (SIQUEIRA, 2009).

Por isso, para alcançar a máxima confiabilidade, os operadores de máquinas rotativas buscam constantemente o alinhamento e o equilíbrio ideais, usando uma variedade de métodos de monitoramento de condições para monitorar os componentes das máquinas e minimizar falhas inesperadas fazendo reparos ou substituindo peças antes que surjam problemas (BRANCO FILHO, 2020).

3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os sistemas técnicos só podem cumprir a sua finalidade e ser utilizados com segurança se estiverem em perfeitas condições de funcionamento. A condição adequada é essencial para a sobrevivência, principalmente no caso de sistemas cuja finalidade é evitar o perigo, como os sistemas de proteção contra incêndio. Dessa forma é necessário cumprir certas medidas para máquinas e sistemas técnicos no setor industrial, a fim de manter tais sistemas em condições operacionais em todos os momentos. A manutenção, em particular, desempenha nesse contexto um papel decisivo (GONÇALVES, 2020).

Por definição, as atividades de manutenção são a combinação de medidas técnicas, administrativas e de gestão que garantem uma condição funcional durante o ciclo de vida de um objeto. São pautadas em uma gama de medidas técnicas e administrativas que servem para garantir a permanência ou restauração da funcionalidade de máquinas e sistemas técnicos (TOAZZA; SELLITO, 2015).

A manutenção de máquinas e sistemas desempenham um papel importante na gestão da manutenção. Em geral, as medidas visam a priori: manter a segurança operacional; do ponto de vista econômico, visam minimizar ao máximo os custos operacionais e de tempo de inatividade do sistema; e, garantir a segurança funcional de um objeto. Quanto aos objetivos secundários, a manutenção objetiva: aumentar a vida útil de máquinas e outros equipamentos; otimizar processos internos e procedimentos operacionais; definir um plano de custos prospectivo; além de garantir maior disponibilidade de sistemas e máquinas (ALMEIDA; FABRO, 2019).

Mas, ainda é bastante comum existir uma determinada desordem no que se refere a terminologia empregada para determinar os tipos de manutenção. Sua definição admite a seleção do tipo que seja mais adequada para um determinado equipamento, instalação

ou sistema (KARDEC; NASCIF, 2013).

Os processos de manutenção industrial são o pilar da produtividade industrial. Portanto, existem muitos tipos de manutenção para dar às indústrias a oportunidade de otimizar suas linhas de produção. Cada empresa, portanto, define suas necessidades de manutenção e planeja uma estratégia de implementação. Os principais tipos de manutenção industrial são: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicional (RIBEIRO, 2017).

A manutenção corretiva é uma técnica de gerenciamento reativa que espera pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção. Também é o método de maior custo, que são associados à: altos custos de estoques de peças sobressalentes, altos custos de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, além de baixa confiabilidade e disponibilidade dos ativos produtivos.

Pereira (2020) explica que a manutenção corretiva é dividida em duas classes, das quais, cita a manutenção corretiva não planejada e a manutenção corretiva planejada. Porém, é pertinente observar que do ponto de vista do custo de peças e intervenções, tende a ser vista como tendo menor custo do que prevenir as falhas nos equipamentos, em compensação, pode acarretar perdas significativas na interrupção da produção.

Contudo, com a evolução da Engenharia de Manutenção, muitas indústrias verificaram que seus custos de manutenção são uma grande parte de seus custos operacionais. Embora esses números obviamente variem de uma para outra, podem representar até 50% do custo total de produção (XENOS, 2014).

Esta porcentagem não inclui paragens não planejadas, avarias, gestão de estoques, ferramentas, compras, pessoal para manutenção e pessoal parado durante as atividades corretivas, dentre outros custo. Tantos imprevistos que geram custos adicionais difíceis de estimar para uma empresa e que estão intimamente ligados à atividade das equipes de manutenção. É fato que a rentabilidade e a produtividade de uma estrutura dependem, em parte, das manutenções ali realizadas.

A Engenharia de Manutenção incide em um conjunto de atividades que admite aumentar a confiabilidade e a disponibilidade dos ativos, deixando de ficar ajustando a falha e convivendo com dificuldades recorrentes, para aperfeiçoar padrões e sistemáticas, desenvolvendo a manutenibilidade, agregando feedback ao projeto e intervindo tecnicamente nas compras (KARDEC; NASCIF, 2013).

Em regra, quem faz a manutenção corretiva não planejada, não investe tempo para realizar a Engenharia de Manutenção. Contudo, provavelmente, perde tempo para permanecer ajustando a falha de forma aleatória e convivendo com os resultados negativos. É necessário modificar, coligar a manutenção preventiva à preditiva e executar a engenharia de manutenção, que em tese, é agir proativamente na raiz do problema (SANTOS; ARAÚJO; LIMA, 2018).

Quando técnicos e gerentes de manutenção têm a capacidade de monitorar a saúde das máquinas e fornecer uma ferramenta para prever falhas de equipamentos, as operações de manutenção se tornam mais eficientes e as intervenções são muito mais pondera-

das e organizadas. O objetivo é reduzir custos desnecessários e aumentar a produtividade e lucratividade de toda a empresa. As empresas devem, portanto, seguir uma estratégia bem pensada e escolher a melhor solução entre os diferentes tipos de manutenção.

Por sua vez, a manutenção preventiva é realizada para diminuir ou mesmo impedir falha, ou queda no desempenho do equipamento, satisfazendo a um planejamento fundamentado em intervalos determinados de tempo, conhecido por preventiva sistemática (XENOS, 2014).

Ao adotar a manutenção preventiva não significa que uma indústria seja capaz de prever todas as falhas: continua sendo difícil saber exatamente quais componentes podem causar mau funcionamento, considerando situações não previstas e, portanto inesperadas. Apesar de tudo, ajuda as empresas a reduzir sua taxa de falhas. De acordo com Pereira (2020), para um adequado gerenciamento preventivo é necessário haver uma liberação dos intervalos de tempo em que devem ser realizadas as atividades pertinentes.

A manutenção preventiva apresenta uma tendência de ser mais conservadora e os intervalos em comum são menores que o necessário, o que demanda em paradas programadas e troca de peças dispensáveis. Admite que os equipamentos atuem por um tempo maior e a intervenção aconteça fundamentada em dados e informações.

Por sua vez, a manutenção detectiva refere-se à ação realizada em sistemas de proteção ou comando, detectando problemas ocultos ou não perceptíveis aos responsáveis pela operação e manutenção. Exemplificando este tipo de manutenção, cita-se o circuito que fornece energia a partir de um gerador em um hospital. Se existir deficiência de energia e o circuito apresentar um problema, o gerador não funciona. Em função disso, este circuito é testado/acionado invariavelmente, para averiguar sua funcionalidade (KARDEC; NASCIF, 2013).

Fogliato (2021) complementa que a medida que cresce a serventia de instrumentação de comando, controle e automação nas indústrias, observa-se que maior é a necessidade de manutenção detectiva para assegurar a confiabilidade dos sistemas e da planta.

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) incide em um método para desenvolver e eleger projetos alternativos de manutenção, fundamentados em critérios econômicos, operacionais e de segurança. A MCC emprega a perspectiva do sistema para análise das funções do sistema, das possíveis falhas, e ainda, da prevenção dessas (SIQUEIRA, 2009).

Segundo Branco Filho (2020), na MCC, a frequência e as atividades de manutenção são desenvolvidas analisando como cada componente colabora para conservar a função do sistema. A referida manutenção ainda fornece um mecanismo para que os indivíduos possam decidir qual o tipo de manutenção precisa e qual não precisa ser realizada em determinado momento. Portanto, a escolha de cada um dos tipos de manutenção dependerá exclusivamente da natureza do serviço de cada equipamento e de suas características construtivas.

Quanto à manutenção preditiva, é um dos principais impulsionadores da Indústria 4.0, pois preditiva abre excelentes oportunidades para o planejamento de manutenção

preventiva. Dessa forma, as máquinas permanecem em condições de trabalho confiáveis e não se desgastam tão rapidamente quanto sem a possibilidade de manutenção preditiva. A manutenção preditiva utiliza principalmente sistemas de última geração que monitoram constante das condições das máquinas, o que inclui o monitoramento das condições (BALDISSARELLI; FABRO, 2019).

A manutenção preditiva incide em uma monitorização regular do atual estado das condições mecânicas, eficiência de operação, e outros indicadores, de maneira a adequar dados que sejam capazes de assegurar o máximo intervalo entre reparações e diminuem as quantidades e os custos das paradas não programadas (SOUSA NETO, 2021).

Portanto, a manutenção preditiva detecta falhas ou deformidades mediante determinados sinais que são encontrados através de acompanhamentos, avaliações, análises e checagens de índices e parâmetros alusivos do estado e condição do sistema, confrontados com padrões adequados de desempenho ou de projeto. Dentre alguns parâmetros estão a temperatura, pressão, vibração, rugosidade, potência, vazão, velocidade, etc., antes mesmo que estes venham a se manifestar, acarretando a parada total ou parcial da produção (KARDEC; NASCIF, 2020).

Mobley (2002, p. 45) acrescenta que essa condição “agrega dados que certificam o maior intervalo entre as reparações e diminuem a quantidade e a despesa das paradas não programadas”. Essa afirmação se fundamenta no fato da manutenção preditiva ser ainda nomeada por monitorização da condição ou manutenção fundamentada na condição, pois avalia o estado verdadeiro dos equipamentos com recurso a equipamentos especiais, tendo por escopo ajustar o planejamento da manutenção preventiva, localizar antecipadamente prováveis falhas, impedir o aparecimento de problemas complexos e adequar a tomada de decisões com embasamento em dados fidedignos (CABRAL, 2021).

Viana (2022) assegura que a manutenção preditiva foi desenvolvida para complementar a manutenção preventiva, impedindo que uma peça seja trocada pelo seu tempo de atuação, mesmo encontrando-se em perfeito estado; mas sim, pela sua condição, adequando o emprego máximo da peça e a economia de custos, por se impedir o desperdício.

Dentre os objetivos da manutenção preditiva estão: parar o equipamento no momento correto, minimizar as intervenções, aumentar a disponibilidade, diminuir custos e estabelecer parâmetros preventivos. É uma técnica que usa ferramentas e técnicas de monitoramento de condições para rastrear o desempenho do equipamento durante a operação normal. Como resultado, possíveis defeitos podem ser identificados e retificados antes que ocorra uma falha.

A principal vantagem desse tipo de manutenção é que a manutenção em máquinas só é realizada quando necessário, o que geralmente acontece pouco antes de uma provável falha. Como o esforço geral de manutenção é reduzido, essa abordagem traz economia de custos. A desvantagem é que tais sistemas de monitoramento são de altos custos, ao mesmo tempo em que depende de funcionários especializados que saibam lidar com esses sistemas (VIANA, 2022).

Várias técnicas são usadas na manutenção preditiva. Por exemplo, termografia infravermelha (IR). As câmeras IR são capazes de detectar temperaturas excessivas nos dis-

positivos. Os componentes desgastados geralmente liberam calor, que aparece como um ponto quente em uma imagem térmica. Ao identificar rapidamente esses pontos quentes, os problemas podem ser localizados em tempo útil, o que geralmente evita reparos de custos altos e tempo de inatividade da máquina, processo ou planta (SANTOS NETO; LEITE; NASCIMENTO, 2018).

As tecnologias acústicas podem detectar vazamentos de gás, líquido ou vácuo em equipamentos no nível sônico ou ultrassônico. A análise de vibração, por outro lado, utilizada para equipamentos rotativos de alta velocidade, permite monitorar as vibrações de uma máquina usando um analisador portátil ou sensores em tempo real integrados ao equipamento (TOAZZA; SELLITO, 2015).

O custo de tecnologias como sensores, poder de processamento, armazenamento de dados e largura de banda têm se tornado justificáveis, permitindo que empresas ainda menores comecem a usar a manutenção preditiva. No entanto, equipar um sistema adequadamente requer certos investimentos iniciais. A longo prazo, no entanto, deve valer a pena para muitas empresas investir em manutenção preditiva.

Dentre os principais benefícios da manutenção preditiva, Almeida e Fabro, (2019), citam: abolição das trocas de componentes e das intervenções preventivas dispensáveis; acréscimo da segurança operacional e otimização da disponibilidade dos equipamentos, com redução dos riscos de acidentes e interrupções repentinas de produção; diminuição das quebras de equipamentos em operação, que acendem danos secundários em diversos componentes; diminuição dos custos e prazos das intervenções, por meio do conhecimento prévio das falhas a serem ajustados.

Entre as vantagens da manutenção preditiva, Toazza e Sellito (2015), citam um aproveitamento maior da vida útil de cada elemento constituinte, maior confiabilidade na detecção de falhas latentes, diminuição do tempo operativo da manutenção planejada e probabilidade maior da detecção de falhas, sem ter que desmontar o equipamento e, em muitos casos, sem haver a necessidade de paradas não programadas. Como desvantagens, os mesmos autores, citam o elevado custo operativo, que ocorre em detrimento da necessidade de instrumentação sofisticada, e técnicos altamente capacitados e treinados para a análise dos resultados.

Quando se trata de obter o máximo desempenho de máquinas rotativas, a confiabilidade é o objetivo final. No entanto, alcançar a confiabilidade é um desafio contínuo por vários motivos. Primeiro, manter o alinhamento com eixos colineares é fundamental para garantir o mínimo de estresse em rolamentos, acoplamentos, eixos e outros componentes da máquina. Tecnologias como alinhamento a laser tentam minimizar erros de alinhamento (GONÇALVES, 2020).

Se um rotor estiver desbalanceado, os rolamentos estarão sujeitos a estresse severo e sua vida útil será bastante reduzida. Desequilíbrios podem ser medidos (e corrigidos) usando dados de vibração de sensores nas posições dos rolamentos. Ao comparar frequências próprias com frequências desequilibradas, os dados desses sensores podem ser monitorados continuamente (monitoramento de condição) para sinalizar quaisquer alterações de desequilíbrio que poderiam ser amplificadas por ressonância e podem levar a mais problemas de estresse. Para manter a resistência ao atrito ao mínimo, rolamentos

e engrenagens em máquinas rotativas requerem lubrificação regular adequada (BALDISSARELLI; FABRO, 2019).

Sujeira, óleo e depósitos em cárteres e mancais são causas comuns de falha prematura. Para maximizar a vida útil do rolamento, não só é essencial uma lubrificação adequada, mas os lubrificantes também devem estar livres de contaminantes e ter a viscosidade correta. A lubrificação inadequada é frequentemente considerada a principal causa de falha mecânica em máquinas rotativas.

Conexões estressadas também podem ser identificadas através da implementação correta de sensores de temperatura e detectores de vibração. Os operadores de máquinas podem usar análises com suporte para avaliar os dados de temperatura, choque e vibração enviados por sensores. Com sistemas maduros, é possível isolar e corrigir possíveis áreas problemáticas antecipadamente, antes que ocorram danos dispendiosos (VIANA, 2022).

Os sistemas de alerta precoce são essenciais em máquinas rotativas para evitar cascatas de danos que levam a danos exponenciais, custos de reparo e, finalmente, falhas. Em geral, trata-se de maximizar a eficiência e minimizar o tempo de inatividade. A avaliação adequada dos resultados do monitoramento de condições faz a diferença entre produtividade máxima e longos tempos de inatividade.

Referências

ALMEIDA, Bruno Guerra; FABRO, Elton. Indústria 4.0 como ferramenta na engenharia de manutenção com base na metodologia TPM. **Scientia Cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 12 — 22, 2019. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6840/pdf#>. Acesso em: 12 mar. 2022.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Gestão da Manutenção Aplicado às Áreas Industrial, Predial e Elétrica**. São Paulo: Érica, 2018.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**. Conceitos básicos e tecnologia aplicada. 1. ed. Rio de Janeiro: Érica, 2015.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. **Scientia Cum Industria**, v. 7, n. 2, p. 12 — 22, 2019. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6835/pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2020.

CABRAL, José Paulo Saraiva. **Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios**. 4. ed. Lisboa: Lidel, 2021.

FOGLIATO, Flávio Sanson. **Confiabilidade e manutenção industrial**. São Paulo: GEN LTC, 2021.

GONÇALVES, Edson. **Manutenção Industrial**. Do Estratégico ao Operacional. São Paulo: Ciência Moderna, 2020.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Preditiva**. Fator de Sucesso na Gestão Empresarial. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymarck, 2013.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. 5. ed. rev. e ampl. 2. reimp, Rio de Janeiro, Qualitymarck Ed., 2020.

MOBLEY, R. Keith. **An Introduction to predictive maintenance**. Second Edition. Butterworth-Heinemann, 2002.

PEREIRA, Mario Jorge. **Engenharia de Manutenção - Teoria e Prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2020.

PIRES, Caique Aparecido; OKADA, Roberto Hirochi. Manutenção preditiva: estratégia de produção e redução de custos. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 17, n. 1, p. 635–647, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/781>. Acesso em: 12 mar. 2022.

RIBEIRO, Haroldo. **O pilar de Manutenção Planejada**: Como maximizar a disponibilidade dos equipamentos (TPM Collection Livro 5). 1 ed. São Paulo: PDCA Editora, 2017. eBook Kindle.

SANTOS NETO, Manoel Ferreira; LEITE, Denisson Santana; NASCIMENTO, Willem Vieira. Revisão bibliográfica da manutenção preditiva e seus conceitos de tecnologia atrelados a Indústria 4.0. In: **Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, São Cristóvão/SE, p. 263- 271, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10428/2/RevisaoBibliograficaManutencao.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2022.

SANTOS, Marcos; ARAÚJO, Marcio; LIMA, Angélica. Manutenção Preditiva: contribuindo para a melhoria dos processos e para a redução dos custos de operação. In: **Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**, São Cristóvão/SE, p. 01 - 19, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329362121_Manutencao_Preditiva_contribuindo_para_a_melhoria_dos_processos_e_para_a_reducao_dos_custos_de_operacao. Acesso em: 12 mar. 2022.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implementação. 1ª (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

SOUSA NETO, Julio Anselmo de. **Manutenção orientada para resultados**. 2 ed. Rio de Janeiro: Qualitymarck, 2021.

TOAZZA, Guilherme Francez; SELLITO, Miguel Afonso. Estratégia de Manutenção Preditiva no Departamento Gráfico de uma Empresa do Ramo Fumageiro. **Revista Produção Online**. V.15, n.3, 2015. Disponível em: <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/1623/1298>. Acesso em: 12 mar. 2022.

VIANA, Hebert Ricardo Garcia. **PCM - Planejamento e Controle da Manutencao - 2ª Edição** Capa comum. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Qualitymarck, 2022.

XENOS, Harilaus Georgius D' Philippos. **Gerenciando a manutenção produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. 2. ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2014.

CAPÍTULO 5

QUALIDADE E CONFIABILIDADE: DESAFIOS DA MANUTENÇÃO EM EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE VERTICAL

*QUALITY AND RELIABILITY: MAINTENANCE CHALLENGES IN VERTICAL
TRANSPORT EQUIPMENT*

Robert William Nogueira dos Santos¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Há séculos, desde a origem de sociedades mais organizadas, a humanidade tem buscado formas de transportar pessoas e cargas verticalmente. Junto a isto, vem o desafio de manter em funcionamento perfeito os equipamentos que realizam esta tarefa. Este artigo tem por objetivo apresentar os principais tipos de manutenção utilizadas em empresas prestadoras de serviços de manutenção em elevadores. Iniciando com um breve histórico sobre a evolução da sociedade e dos transportes verticais. Em seguida, é descrita a metodologia empregada na elaboração do presente artigo, e apresentada uma revisão bibliográfica sobre as técnicas de manutenção preventiva, preditiva e corretiva, bem como seus conceitos já consagrados pela doutrina. Busca-se, com base nos modelos de manutenção existentes, identificar qual o mais adequado a ser utilizado a fim de melhorar a eficiência dos equipamentos de transporte vertical e que resulte em maior grau de disponibilidade e confiabilidade de tais aparelhos, sem comprometer a segurança dos usuários. Ao final, se indica o tipo de manutenção que se entende como a mais eficaz a ser executada pelas empresas de prestação de serviços na área de assistência técnica de elevadores.

Palavras-chave: Elevadores. Manutenção Preventiva. Manutenção Preditiva. Manutenção Corretiva.

Abstract

For centuries, since the origin of more organized societies, humanity has been looking for ways to transport people and cargo vertically. Along with this, comes the challenge of keeping the equipment that performs this task in perfect working order. This article aims to present the main types of maintenance used in elevator maintenance service companies. Starting with a brief history of the evolution of society and vertical transport. Then, the methodology used in the elaboration of this article is described, and a literature review is presented on the techniques of preventive, predictive and corrective maintenance, as well as their concepts already enshrined in the doctrine. Based on existing maintenance models, the aim is to identify which is the most suitable to be used in order to improve the efficiency of vertical transport equipment and which results in a greater degree of availability and reliability of such devices, without compromising the safety of the users. At the end, the type of maintenance that is understood as the most effective to be performed by service providers in the area of technical assistance for elevators is indicated.

Keywords: Elevators. Preventive maintenance. Predictive Maintenance. Corrective maintenance.



1. INTRODUÇÃO

A evolução das civilizações é contínua e constante. Com o decurso do tempo e mudanças na rotina das dinâmicas sociais, os meios de transporte precisaram acompanhar o desenvolvimento e a necessidade de transportar um número de pessoas cada vez maior e com máxima agilidade e segurança.

Assim, os meios de transporte e formas de locomoção tiveram que adaptar-se à nova demanda, de modo que se fez necessário criar alternativas e inovações tecnológicas, além das vias naturais (rios e mares), para serem utilizadas por veículos a vapor, combustão e os elétricos, transpondo os obstáculos naturais, alcançando o que antes era intangível.

O desenvolvimento das cidades passou a ser vertical: edifícios começaram a ser construídos, desafiando a engenharia a criar soluções possíveis para a construção e manutenção desse fluxo. O desafio para deslocar grupos de pessoas e cargas verticalmente fez nascerem novos meios de transporte tendo como princípio a elevação, tais como elevadores, plataformas, escadas rolantes e afins.

Assim, tem-se que a elevação, conforme a definição em dicionário Léxico (2021), é ato ou efeito de se elevar, altura a que algo é erguido; alto, alteamento. Tal sistema remete a registros de pelo menos 1.500 anos antes de Cristo, onde com a ajuda cordas e apoios, os egípcios já erguiam pirâmides e elevavam as águas do Nilo, entrando para a história com construções, projetos e conceitos surpreendentes para a época e tecnologia disponível.

Segundo Dal Monte (2000), há muito tempo a história registra os esforços da humanidade para transportar verticalmente cargas e pessoas. Porém, somente em 1853, ano em que a história confere ao americano Elisha Graves Otis a invenção do elevador de segurança, o uso de elevadores como meio de transporte de passageiros começou a se popularizar. Em 1880, na feira da indústria em Mannheim na Alemanha, é apresentado o primeiro elevador movido a motor elétrico, construído por Werner Von.

Hoje, a engenharia evoluciona, produzindo equipamentos mais rápidos e mais seguros em transporte verticais e multidirecionais, atendendo a um conjunto de normas e orientações específicas, além de buscar melhor desempenho, eficiência energética e sustentabilidade.

O avanço das inovações tecnológicas ao longo do tempo fez surgir uma enorme variedade de equipamentos de transporte vertical que auxiliam e que fazem parte do cotidiano de bilhões de pessoas, a exemplo dos elevadores, plataformas, escadas e esteiras rolantes, entre outros, voltados ao transporte de cargas e pessoas. Tal evolução gerou um enorme desafio às equipes de manutenção, que se empenham constantemente em manter todo esse maquinário em pleno funcionamento.

Como as máquinas, em geral, tais equipamentos requerem manutenções constantes, periódicas ou não, para que possam estar em pleno funcionamento e máxima eficiência, pois, sempre que estão indisponíveis, em menor ou maior grau, proporcionam transtornos

à rotina para a qual os mesmos foram projetados.

Insta ressaltar que ter uma rotina de manutenção vem sendo cada vez mais importante para o desenvolvimento das empresas de modo geral. Manter, em pleno funcionamento, equipamentos que permitem agilizar o transporte de pessoas e cargas, diminui as perdas causadas pelas indisponibilidades.

É possível imaginar os impactos de uma esteira rolante parada em um supermercado ou em um aeroporto de forma não planejada. Ou até mesmo, os elevadores de um prédio comercial no período de rush, período de maior fluxo de passageiros. Os impactos não são nada bons. Esses problemas poderiam ser minimizados com um estudo prévio e aplicação de um tipo de manutenção adequado.

Este artigo visa contribuir, mediante os conhecimentos adquiridos durante o período acadêmico, com a identificação do modelo de manutenção mais adequado a ser aplicado em empresas de manutenção de transporte vertical, a fim de reduzir os impactos ocasionados pelo tempo de indisponibilidade dos equipamentos.

Assim sendo, com base nos modelos de manutenção existentes, qual o mais adequado a ser utilizado a fim de melhorar a eficiência desses equipamentos de transporte vertical e que resulte em maior grau de disponibilidade e confiabilidade de tais aparelhamentos sem comprometer a segurança dos usuários?

A rotina de manutenção difere mediante as características distintas dos equipamentos que são constantemente submetidos a condições adversas. Devido a isso, se faz necessário ter uma rotina de manutenção eficiente, de baixo custo e que alcance os resultados de qualidade e disponibilidade desejados.

Esse artigo tem como principal objeto realizar um estudo bibliográfico sobre os principais tipos de manutenção existentes na literatura, bem como as suas aplicações nas empresas de manutenção de equipamento de transporte vertical.

Assim sendo, de forma específica, apresentar os tipos de manutenção e compreender a estrutura mais apropriada para as empresas de manutenção de equipamento de transporte vertical.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O trabalho elaborado adotou os preceitos da revisão de literatura, por meio de uma pesquisa bibliográfica, que, segundo Gil (2008, p.50), "é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos". O estudo foi baseado na análise da literatura já publicada nos últimos 50 anos em forma de livros, artigos especializados, teses, dissertações, trabalhos apresentados em congressos e relatórios, disponíveis na rede mundial de computadores. Nesta perspectiva, a proposta de Gil (2008) será utilizada



na coleta de dados e seguirá a premissa da leitura exploratória de todo o material selecionado (leitura célere que tem por objetivo verificar se a obra examinada é relevante para o trabalho); leitura seletiva (leitura mais detalhada e investigativa das partes que verdadeiramente interessam) e registro das informações extraídas das fontes. As palavras-chave utilizadas na busca serão: "manutenção", "confiabilidade", "transporte vertical" e "qualidade".

2.2 Resultados e Discussão

Aumentar o rendimento dos produtos e aperfeiçoar a qualidade dos setores de manutenção preventiva passou a ser um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas que ofertam serviços de manutenção de elevadores e equipamentos de transporte vertical em geral. A competição pela expansão da participação no mercado atual direciona as empresas a um meticuloso acompanhamento aos procedimentos de trabalho utilizados para atingir máxima produtividade e, por conseguinte, maior competitividade no mercado.

Se faz necessário ressaltar que, o fato de as empresas suportarem a pressão do mercado para ofertarem serviços com baixo preço para se tornarem atrativas aos consumidores, obrigando-as a reduzir os custos de forma mais acentuada, tornando-se assim, cada vez mais imprescindível que as empresas invistam em manutenção com o fito de melhorar o custo-benefício.

Deve-se observar que os planos de manutenção compreendem um conjunto de ações realizadas periodicamente com a finalidade de manter equipamentos e instalações em suas melhores condições operacionais, de forma que otimizem sua eficiência integral, vida útil e os custos atrelados às intervenções.

Além disso, é notório que os transportes verticais como elevadores, esteiras e escadas rolantes são os meios de transporte mais seguros do mundo, tendo em vista que transportam diariamente bilhões de pessoas com índices incrivelmente baixos de acidentes, o que enfatiza a necessidade das manutenções constantes por fatores de segurança, que, conseqüentemente, melhoram também a disponibilidade.

Até pouco tempo, as ações em relação à conservação de máquinas eram reativas, restringindo-se a manutenções corretivas, e intervenções não programadas, executadas com o intuito de restaurar a condição operacional satisfatória dos itens que apresentavam incorreções.

Avaliando o histórico da evolução da manutenção, tem-se que com o decurso do tempo, foram surgindo as mudanças no conceito e aplicação da manutenção, de modo que se observa que inicialmente, o papel fundamental era de recuperar o equipamento, torná-lo disponível novamente e, com a modernização do setor industrial, a função da manutenção passou a ser a de prevenir as falhas.

A evolução da Manutenção pode ser dividida em três gerações, conforme a Figura 1.

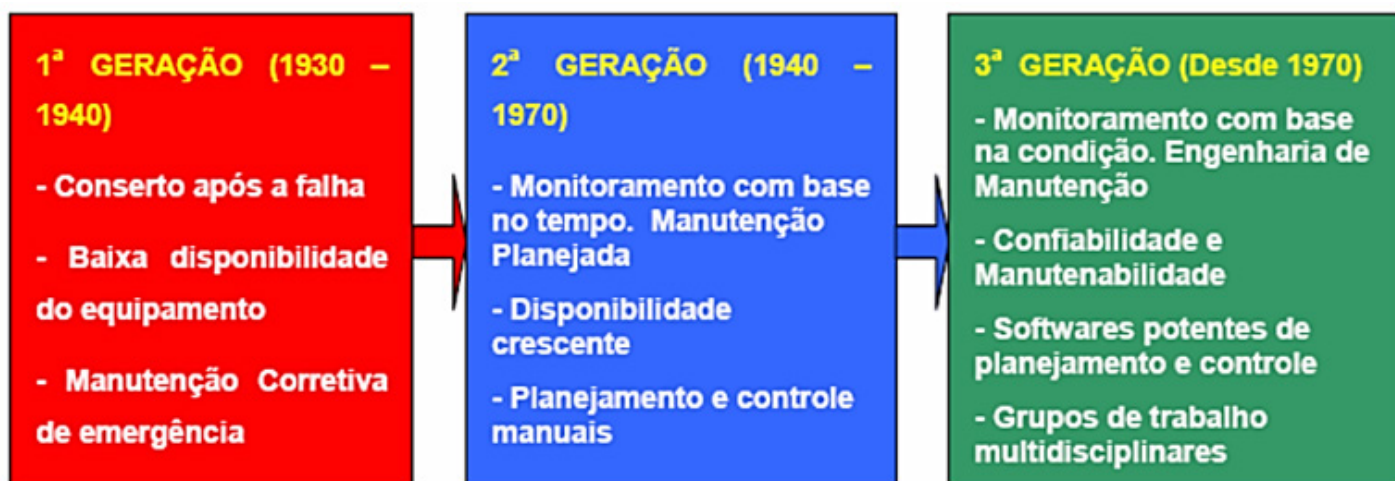


Figura 1 – Etapas da evolução da Manutenção.
Fonte: MORAES (2004).

Segundo a ABNT-NBR 5462 (1994) apud Xenos (1998), a manutenção é conceituada como a “combinação de 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.” Já para Slack, Chambers e Johnston (2009), a manutenção pode ser definida como o modo pelo qual as empresas buscam impedir as falhas ao zelar por suas instalações físicas.

Hodiernamente, o desígnio da manutenção não se limita a apenas consertar ou se antecipar às falhas agindo antes da ocorrência, mas sim, operar de modo a impedir que qualquer erro aconteça no período em que o equipamento foi programado para funcionar, evitando os altos custos de indisponibilidade do equipamento ou sistema. Daí a importância de se empregar um tipo de manutenção eficiente e adequado.

A ABNT-NBR 5462 (1994) apud Xenos (1998) define falha como “o término da capacidade de um item de desempenhar uma função requerida. É a diminuição total ou parcial da capacidade de uma peça, componente ou máquina de desempenhar a sua função durante um período de tempo, quando o item deverá ser reparado ou substituído. A falha leva um item a um estado de indisponibilidade”.

Por sua vez, Filho (2000) dispõe que o conceito de disponibilidade:

representa os esforços e qualidade na condução dos serviços de manutenção. É a probabilidade de que um item possa estar disponível para utilização em um determinado momento ou durante um determinado período de tempo. Capacidade de um ativo para desenvolver sua função em um determinado momento ou durante um determinado período de tempo, nas condições e rendimentos definidos. A disponibilidade de um item não significa que esteja funcionando, mas que se encontra em condições de funcionar. Seu oposto é o termo indisponibilidade.

Filho (2000) também dispõe sobre o conceito de confiabilidade:

É a probabilidade de um ativo funcionar corretamente em condições definidas durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de trabalho após um determinado período de funcionamento. É a

capacidade de um item para realizar sua função específica nas condições e com o desempenho definidos durante um período de tempo determinado. Em manutenção é um conceito associado a jornada, missão ou meta (de produção, e anos de trabalho etc.).

Para Xenos (1998), as atividades de manutenção devem evitar a degradação de equipamentos e instalações provocadas pelo desgaste natural e uso, também incluindo o tratamento de falhas, com atividades como detecção, reparo e investigação de causas especiais

Para que se execute as tarefas de manutenção, são necessários recursos humanos, materiais, ferramentas adequadas, e muitas vezes contratação de serviços externos e tudo isso gera um custo alto, muitas vezes visto como um recurso desnecessário, principalmente quando se tem uma quantidade elevada de manutenção corretiva ou manutenção preventiva com base no tempo mal dimensionado, mas não alinhadas com o “negócio” da organização.

Assim, se faz necessário elencar os principais tipos de manutenção para transporte vertical existentes e usadas atualmente, quais sejam:



Figura 2: Tipos de manutenção
Fonte: Autor

Para diferenciar os tipos de manutenção mostrados na figura 2, têm-se na tabela 1 as ações realizadas em cada um deles.

Tabela 1: modos de intervenção de cada tipo de manutenção

| Tipo da manutenção | Modos de intervenção |
|--------------------------------|---|
| Corretiva Programada | Planejada depois de ocorrer uma falha |
| Corretiva Não Programada | Acontece assim que ocorre a falha |
| Preventiva Sistemática | Efetuada de forma sistemática, de tempos em tempos |
| Preventiva Baseada na Condição | Efetuada dependente da condição atual do componente |
| Preditiva | Inspeções programadas periodicamente |

Fonte: Autor.

De acordo com a Norma de confiabilidade e manutenibilidade (p. 7) da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), manutenção corretiva é a “manutenção efetuada

após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Conforme Almeida (2000, p. 2):

o resultado líquido deste tipo reativo de gerência de manutenção é o maior custo de manutenção e menor disponibilidade de maquinaria do processo. A análise dos custos de manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo-reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo.

Segundo Viana (2014), existem 02 (duas) subcategorias na manutenção corretiva: a manutenção corretiva programada e a não programada. Na primeira, a intervenção é planejada previamente para ser realizada; na segunda, a intervenção é realizada o mais rápido possível, após a falha.

Por sua vez, a manutenção preventiva é definida, conforme a NBR 5462 (1994), como a “manutenção efetuada em períodos predefinidos, ou de acordo com especificações prévias, destinadas a redução da probabilidade do acontecimento de uma falha ou a redução de funcionamento de um item”.

De acordo com Lafraia (2001, p.265), a manutenção preventiva é definida pelas atividades realizadas em períodos de tempo predefinidos e sistêmicos, de acordo com especificações previamente determinadas, com o intuito de diminuir, ao máximo, a possibilidade de ocorrência de uma falha ou diminuição da produtividade do equipamento.

De acordo com Filho (2008), a manutenção preventiva é dividida entre manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva baseada na condição:

- Manutenção preventiva sistemática – Conforme Filho (2008), “todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em condições operacionais, de modo sistemático, seja por tempo transcorrido, seja por quilômetros rodados ou qualquer outra variável”.

De acordo com Vianna (2014), manutenção preventiva sistemática são “todas as ações de manutenção preventiva que tenham predefinição de tarefas a serem seguidas, periodicidade estabelecida e planejamento da ordem de serviço definido”.

- Manutenção preventiva baseada na condição – Vianna (2014) defende que “a manutenção preventiva baseada na condição, somente realiza intervenções em equipamentos após a constatação de um defeito real e da avaliação da evolução de sua deterioração”.

Já Filho (2008) define manutenção preventiva baseada na condição como qualquer trabalho de manutenção que seja realizado a partir da detecção de degradação de parâmetros do equipamento.



A manutenção preventiva é amplamente utilizada por oferecer inúmeras vantagens quando comparada à manutenção corretiva. Entre elas, pode-se citar:

- Aumento da confiabilidade e disponibilidade física do equipamento;
- Aumento da vida útil;
- Organiza e diminui a quantidade de serviço da equipe de manutenção;
- Facilidade gerencial de estoque, equipe e HH;
- Aumento da segurança operacional.

No caso dos elevadores, um aspecto objetivo de risco é analisado através da disponibilidade dos equipamentos, em comparação com o número de chamados de manutenção corretiva mensal.

Por fim, tem-se a manutenção preditiva, que é baseada no acompanhamento de efeitos de falhas potenciais que acabam por indicar o desempenho de um equipamento. Ocorre de forma sistemática, podendo definir a necessidade de intervenção ou não (Siqueira, 2014).

Na NBR 5462/1994, manutenção preditiva é definida como a “manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a corretiva”.

As técnicas preditivas mais comuns encontradas no mercado nacional são: ultrassom, análise de vibração, termografia e análise de óleos.

Conforme a ABNT NBR 16083 (2012):

4.3.3.5 A empresa deve realizar um plano de manutenção para que a manutenção preventiva seja compatível com a instalação e para que o tempo de manutenção seja reduzido o máximo possível, sem reduzir a segurança das pessoas, para minimizar o tempo não operacional da instalação.

4.3.3.6 A empresa deve adaptar o plano de manutenção para que se considerem falhas previsíveis, como falhas devido ao uso inadequado, deterioração etc.

NOTA: Com este propósito, um sistema de monitoramento remoto, que indica defeitos ocorridos, pode ajudar no fornecimento de informações.

Analisando os tipos de manutenção apresentadas e suas aplicações, bem como o tempo de disponibilidade do equipamento, confiabilidade e qualidade, tem-se que o plano de manutenção deve ser desenvolvido com o intuito de ser de fácil entendimento ao colaborador que irá executá-lo, bem como deve-se explicitar os elementos a serem mantidos, além de ser programado o tempo de cada manutenção.

Por exemplo, em prédios residenciais, as manutenções devam ser realizadas em horários de menor uso dos elevadores, evitando-se assim, horário no início do dia, onde o fluxo de pessoas deixando as unidades autônomas para irem ao trabalho e escola é intenso, bem como em dias festivos, tal qual o natal, onde é comum as reuniões familiares causando fluxo intenso de uso dos elevadores para deslocamento de convidados e prestadores de serviços.

Os eventos verificados de interrupção de funcionamento por falhas e falta de peças de reposição, reforça a avaliação do cenário de risco potencial associado à disponibilidade e qualidade do serviço entregue pelas empresas mantenedoras.

Dentre os modelos apresentados, identifica-se que a melhor opção para as empresas e usuários é a das manutenções preventivas e programadas, de modo a se antecipar à ocorrência das falhas.

Por isso, é necessário constante monitoramento dos equipamentos, que tem levado ao desenvolvimento de novas ferramentas e tecnologias, permitindo que haja o monitoramento remoto dos equipamentos 24h por dia, por meio de programas que captam todas as intercorrências ocorridas nestes, enviando tais dados para armazenamento e acionando automaticamente a equipe de manutenção, caso o sistema identifique quaisquer falhas no equipamento.

Esta realidade tende a ser ampliada, de modo que o trabalho de manutenção se torne cada vez mais eficiente e com menor custo, uma vez que prevenindo as falhas, os danos aos equipamentos e usuários são menores.

Recomenda-se, sempre, a implantação de manutenções preventivas nas máquinas de elevação, mantendo-se o histórico dos resultados, para futuras comparações e, dessa forma, ajudando numa melhor tomada de decisão.

3. CONCLUSÃO

Depois de revisar os tipos de manutenção e suas diferenças, pôde-se concluir que a escolha de uma técnica deve levar em consideração as especificidades típicas das operações de serviços realizados.

Do estudo da manutenção constatou-se que seus conceitos são bastante consolidados na literatura existente. Pode-se concluir que todos os tipos de manutenção apresentados são aplicáveis aos processos operacionais de empresas prestadoras de serviços de manutenção de equipamentos de transporte vertical. Neste sentido, identificar qual dos tipos é o mais eficiente a ser utilizado contribui significativamente para as tomadas de decisão, tornando a análise mais lógica e simples como um todo.

A literatura comprova que a manutenção preventiva promove a melhoria de variáveis como: prestação, precisão, confiabilidade, prazo, rapidez, atribuindo qualidade à manutenção e menor risco e custos às partes envolvidas, ou seja, prestadores de serviços

e usuários.

O constante monitoramento remoto dos equipamentos 24h por dia, enviando dados para armazenamento e acionando automaticamente a equipe de manutenção, caso o sistema identifique quaisquer falhas no equipamento serão cada vez mais comuns em nosso cotidiano e, fica aqui, a sugestão para estudos futuros nessa área.

O trabalho de manutenção tende a se tornar cada vez mais eficiente e com menor custo, uma vez que prevenindo as falhas, os danos aos equipamentos e usuários serão cada vez menores.

Portanto, resta evidente que a implantação de manutenções preventivas nas máquinas de elevação, o armazenamento do histórico dos resultados para futuras comparações, auxiliam, sobremaneira, numa melhor tomada de decisão, garantindo às empresas, melhor prestação de serviços e maior competitividade no mercado.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16083 - **Manutenção de elevadores, escadas rolantes e esteiras rolantes - Requisitos para instruções de manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. NBR 5462/1994 - **Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: Copyright, 1994. 37p.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <http://www.mtarv.com.br/download/mnt1.pdf>. Acesso em 06 fev. 2022.

DAL MONTE, Paulo Juarez. **Elevadores e escadas rolantes**. Rio de Janeiro: Paulo Juarez Dal Monte, 2000.

FILHO, G.B. **Dicionário de termos de manutenção e confiabilidade**. Edição Mercosul. Rio de Janeiro. Editora Ciência Moderna Ltda, 2000. 285 p.

FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro [online]. Disponível em < <http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf> > Acesso em 11 de fev. de 2022.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6º ed. São Paulo: Atlas, 2008.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro. Editora Qualitymark Ltda, 2001, 388p.

LEXICO. **Dicionário de português online**. Disponível em <<https://www.lexico.pt/elevacao/>>. Acesso em: 09 de jun. de 2021.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção produtiva total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. Taubaté: UNITAU, 2004.

SIQUEIRA, I.P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VIANA, H. R. G. PCM. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2014. 192 p.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerência, 1998.

CAPÍTULO 6

UMA ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO EM MÁQUINAS INDUSTRIAIS

*AN ANALYSIS OF THE IMPORTANCE OF MAINTENANCE PLANNING AND
CONTROL IN INDUSTRIAL MACHINERY*

Marcio Rener Marques de Azevedo¹

Luis Fernando da Costa¹

Talison David dos Santos Pereira¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente trabalho tem como tema uma análise sobre a importância do planejamento e controle da manutenção em máquinas industriais. O objetivo do estudo é descrever o planejamento e controle de processos industriais por meio da manutenção em máquinas a fim de atender com qualidade os serviços e operações na indústria. A metodologia do estudo caracteriza-se como revisão de literatura, tendo em vista que houve análise dos aspectos históricos, da análise de estudos em relação ao controle e manutenção de máquinas industriais. Durante o estudo, pôde-se observar que a gestão da manutenção é uma parte importante na duração de trabalho de máquinas industriais, diante disso o objetivo de um programa de manutenção bem-sucedido é estabelecer práticas consistentes projetadas para melhorar o desempenho e a segurança do equipamento. A conclusão do estudo, por fim, mostrou que à medida que a tecnologia avança e a engenharia de manutenção se desenvolve, as inúmeras vantagens de investir em programas de manutenção de máquinas industriais tornam-se mais evidentes. Isso porque é uma ferramenta estratégica para otimizar o trabalho e aumentar a competitividade e a lucratividade da indústria.

Palavras-chave: Manutenção. Máquinas industriais. Planejamento. Controle.

Abstract

The present work has as its theme an analysis of the importance of planning and control of maintenance in industrial machines. The objective of the study is to describe the planning and control of industrial processes through maintenance on machines in order to provide quality services and operations in the industry. The study methodology is characterized as a literature review, considering that there was an analysis of historical aspects, of the analysis of studies in relation to the control and maintenance of industrial machines. During the study, it was observed that maintenance management is an important part of the working life of industrial machines, therefore, the objective of a successful maintenance program is to establish consistent practices designed to improve the performance and safety of the equipment. The conclusion of the study, finally, showed that as technology advances and maintenance engineering develops, the numerous advantages of investing in industrial machinery maintenance programs become more evident. This is because it is a strategic tool to optimize work and increase the competitiveness and profitability of the industry.

Keywords: Maintenance. Industrial machines. Planning. Control.



1. INTRODUÇÃO

A importância de um programa de manutenção eficaz não pode ser negligenciada porque desempenha um papel tão importante na eficácia da fabricação Lean. Como na saúde pessoal seguro de assistência, a manutenção pode ser considerada o “cuidado de saúde” das máquinas de fabricação e equipamento. É necessário reduzir efetivamente o desperdício e executar uma operação eficiente e contínua. Operação de manufatura, negócios ou operação de serviços. O custo da manutenção regular é muito pequena quando comparada com o custo de uma quebra importante, quando não há produção.

O propósito principal da manutenção regular é garantir que todos os equipamentos necessários a produção está operando a 100% de eficiência em todos os momentos. Através de pequenas inspeções diárias, limpeza, lubrificação e pequenos ajustes, problemas menores podem ser detectados e corrigidos antes de se tornarem um grande problema que pode encerrar uma linha de produção.

A importância desta pesquisa está em mostrar que as atividades de manutenção estão relacionadas com reparo, substituição e manutenção de componentes ou algum grupo identificável de componentes em uma fábrica, de modo que ela possa continuar a operar em uma “disponibilidade” especificada por um período especificado. Assim, o gerenciamento de manutenção está associado à direção e organização de vários recursos, de modo a controlar a disponibilidade e o desempenho da unidade industrial em um determinado nível.

Este trabalho é relevante pois, assim, o gerenciamento da manutenção pode ser tratado como uma função restauradora do gerenciamento da produção, a quem é confiada a tarefa de manter os equipamentos, máquinas e serviços da usina sempre disponíveis em condições adequadas de operação. A minimização das paradas e tempos de inatividade da máquina tem sido o principal objetivo da manutenção, mas as estratégias adotadas pelo gerenciamento de manutenção para alcançar este objetivo sofreram grandes mudanças no passado.

Esta pesquisa se faz necessária para sociedade e comunidade acadêmica, pois mostra-se relevante quanto o entendimento do tema proposto neste trabalho, visto que a gestão da manutenção também ajuda a manter e melhorar a eficiência operacional das instalações da fábrica e, portanto, contribui para a receita, diminuindo o custo operacional e melhorando a qualidade e a quantidade do produto que está sendo fabricado. Este trabalho justifica-se, devido as preocupações levantadas no meio científico de elucidar as manutenções e como elas contribuem para a melhoria no setor industrial, assim como também favorecendo a qualidade de serviços e operações na indústria, além disso este estudo servirá como guia de estudos posteriores sobre a temática aqui apresentada.

Este trabalho tem como problemática, salientar em fazer o seguinte questionamento, que vigora como contextualização desse trabalho: Qual a importância do planejamento, controle e gestão da manutenção em máquinas industriais?

O objetivo geral deste trabalho se define em descrever o planejamento e controle

de processos industriais por meio da manutenção em máquinas a fim de atender com qualidade os serviços e operações na indústria. Expõem-se nesse contexto, os seguintes objetivos específicos: Conhecer a concepção histórica do planejamento e controle da manutenção; descrever os benefícios na indústria e suas atribuições quanto a manutenção de máquinas; entender as aplicações e os tipos de manutenções que colaboram para a melhoria no processo industrial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura, tendo como finalidade a realização de uma abordagem de trabalhos e materiais outrora explorados, mencionando os avanços ocorridos acerca do assunto abordado contribuindo assim, para um importante processo de produção de conhecimento, investigação e análise de uma temática.

O local para realização desse estudo referiu-se às bases de dados científicas. Para investigação, realizou-se um levantamento da produção científica relacionado à gestão de manutenção de sistemas nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* – SciELO, Google acadêmico e Periódicos Capes.

Os descritores utilizados na pesquisa foram: Gestão industrial; Manutenção; Estratégias de manutenção. Serão selecionados artigos científicos para realização do estudo, como critérios de inclusão foram considerados: artigos relacionados à gestão de manutenção de máquinas industriais, publicados nos últimos 20 anos, que estavam na íntegra e abordavam a temática. Os critérios de exclusão foram os seguintes: repetição de um mesmo artigo, os que apresentavam somente o resumo e que havia ambiguidade relacionado a algum critério de inclusão.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Concepção histórica do planejamento e controle da manutenção

A partir da década de 1980, a planta e os sistemas se tornaram cada vez mais complexos, as demandas do mercado competitivo o mercado e a intolerância ao tempo de inatividade aumentaram, e os custos de manutenção continuaram a subir. Ao longo com as demandas por maior confiabilidade a um custo menor, surgiu uma nova consciência dos processos de falha, técnicas de gestão melhoradas e novas tecnologias para permitir uma compreensão da máquina e saúde componente (VERGARA, 2005).

O estudo do risco tornou-se muito importante, pois as questões ambientais e de segurança tornaram-se primordiais. Novos conceitos surgiram; monitoramento de condições, Just in time fabricação, padrões de qualidade, sistemas especialistas, manutenção



centrada na confiabilidade, para citar apenas alguns (VERGARA, 2005).

Há o impulso para a aceitação dos custos do ciclo de vida, que reconhece que o design e a construção de uma planta deve ser agrupada com o custo de manutenção contínuo e o custo final de desmantelamento e eliminação. Empresas de manufatura e produção estão sob intensa pressão para atingir a máxima eficiência. Os vencedores serão vistos - assim nos dizem, aqueles que maximizar seu investimento em ativos de pessoas e equipamentos para alcançar a maior lucratividade (VERGARA, 2005).

No Reino Unido, em meados dos anos 90, foi criado o *Institute of Asset Management*. Nos últimos anos, a administração está recebendo toda a atenção da maioria das organizações com a criação de novos departamentos dedicados à sua implementação - sem dúvida haverá um período de exploração e evolução à medida que se desenvolve e se torna compreendido. Ele fornecerá um meio de integrar os muitos partes aparentemente não relacionadas em um todo que fornecerão a mudança para um modelo estratégico coeso (VERGARA, 2005).

Os primeiros registros de manutenção datam do século X, quando os vikings dependiam fortemente da manutenção para manter seus navios em perfeitas condições para as batalhas (VERGARA, 2005).

Ao longo da história foram resolvidas as falhas nas indústrias, e que antigamente com o surgimento das primeiras máquinas, foram os próprios usuários que realizaram as reparações. As intervenções foram realizadas após as falhas ocorrerem ou quando elas estavam prestas a ocorrer (VERGARA, 2005).

Como foi aumentando a complexidade das máquinas, os trabalhadores precisavam de ajuda de especialistas em reparos, é aqui onde apareceram as primeiras oficinas de reparação que tinham as ferramentas adequadas, mas nessas práticas de manutenção a única coisa importante era corrigir as falhas no menor tempo e com o menor custo possível, independente de que os danos se repitam novamente em qualquer momento. Desde o início do século XX a manutenção vem ganhando importância dentro do setor produtivo (VERGARA, 2005).

Todo o equipamento, máquina ou ferramenta necessita de uma manutenção. Xenos (1998) aborda que a manutenção, além de indispensável, pode ser considerada como a base de toda atividade industrial. Conforme Nepomuceno (1989), toda e qualquer fábrica ou instalação industrial, ou ainda qualquer atividade que pretende fabricar alguma coisa, precisa de vários meios que permitam a produção.

Já a associação brasileira de normas técnicas, em uma versão revisada, designada como NBR-5462, define manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter e recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994).

O Planejamento Estratégico é um processo gerencial utilizado para orientar as ações e respostas de uma empresa às demandas do ambiente em que está inserida. Implica em analisar tanto o meio externo como as condições internas a serem utilizadas para enfrentar os desafios da evolução empresarial. Todas as empresas com sistemas administrativos

razoavelmente estruturados passam por períodos de elaboração ou revisão de seus Planejamentos Estratégicos, formulando objetivos e programas de ação, para adaptar-se a mercados em contínua mudança e preservar clientes e rentabilidade (VERGARA, 2005).

Santos (1996) diz que a manutenção é vista como um conjunto de técnicas que visam à conservação de instalações e equipamentos por um maior tempo possível (objetivando à maior disponibilidade) e máximo desempenho, sendo também uma arma importante na segurança dos funcionários, já que grande parte dos acidentes são causados por um funcionamento ruim dos equipamentos.

A gestão da manutenção deveria ser vista como parte da estratégia do negócio. A qualidade e flexibilidade estão diretamente ligadas a confiabilidade e disponibilidade dos processos, por isso a função manutenção mostra sua importância. Assim, a gestão estratégica da manutenção ocorre se for gerenciada em um processo de melhoria contínua (SANTOS 1996).

Para o planejamento estratégico da manutenção em máquinas de acesso, fizeram-se necessárias algumas ferramentas de controle, como a Matriz de Criticidade e o ciclo PDCA através do histórico de manutenção dos equipamentos. Momento em que foram avaliados diversos aspectos que poderiam aumentar a prioridade da manutenção e colocar as ocorrências em um gráfico de Pareto para que haja a definição de metas (VERGARA, 2005).

A criticidade é o atributo que expressa a importância que um equipamento tem no processo produtivo, seja em relação à produção, segurança, qualidade, meio ambiente, ou outro aspecto específico. Quanto maior for o impacto de uma determinada falha ocorrida em um equipamento, maior será a criticidade desse equipamento. Para Siqueira (2005) a criticidade está diretamente relacionada às consequências que as falhas geram para o processo. Falhas críticas são aquelas que produzem condições perigosas ou inseguras de operação, podendo causar danos materiais, econômicos ou ambientais.

As falhas não críticas são aquelas que não provocam estes efeitos. As falhas em equipamentos podem representar grandes perdas econômicas e humanas, apresentando em muitos casos, comprometimentos significativos para a imagem institucional das empresas. Considerando-se a criticidade dos equipamentos, é importante identificar a maneira como os equipamentos falham e realizar uma priorização explícita baseada em fatores econômicos, operacionais e de segurança para identificação das tarefas de manutenção (VERGARA, 2005).

Vergara (2005) diz que constitui-se pela busca de conhecimentos sobre a gestão da manutenção industrial através de pesquisa, observação, análise, classificação e interpretação dos dados coletados. É ainda descritiva, por buscar meios de prescrever uma abordagem através da junção de melhores práticas de manutenção.

O objetivo geral da manutenção é manter o nível de produção ideal no menor nível possível custo sem comprometer o processo industrial a Engenharia de manutenção é uma área onde os conceitos de engenharia são aplicados para atingir este objetivo através de análises de criticidade, análises de manutenção e desenvolvimento de programas de manutenção A função de manutenção de engenharia é garantir que os problemas sejam identificados e que as ações apropriadas são tomadas quando os problemas ocorrem

(VERGARA , 2005).

Os objetivos e requisitos de manutenção devem ser claramente identificados antes de iniciar projeto, e pode basear-se em requisitos de autoridade, base de projeto, custos de ciclo de vida (LCC), estratégia de manutenção e experiência operacional (VERGARA, 2005).

Avaliação das soluções de design dentro da engenharia de manutenção é focada principalmente em garantir a manutenção adequada. Aspectos tais como manuseio de materiais, acesso a equipamentos, preparação, necessidade de recursos e ambiente é considerado importante no processo de design (VERGARA, 2005).

A engenharia da manutenção é otimizado com alta eficiência de produção e eficiente investimento de capital (Confiabilidade, Disponibilidade, Manutenção) são executados. Essas análises incluem avaliação sistemática da sustentabilidade, disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e sistemas na fase de projeto. (VERGARA, 2005).

Muito aconteceu na engenharia desde a revolução industrial há uns duzentos anos, mas talvez as mudanças mais dramáticas tenham ocorrido nos últimos cinquenta anos. Essas mudanças têm O curso afetou como a planta da indústria foi mantida. Antes da Segunda Guerra Mundial, o maquinário era geralmente bastante robusto e relativamente lento; os sistemas de instrumentação e controle eram muito básicos (VERGARA, 2005).

As demandas de produção não eram excessivamente grave de modo que o tempo de inatividade não era geralmente uma questão crítica e era adequado para manter em uma decomposição. Esse maquinário era inerentemente confiável. Ainda hoje podemos ver exemplos de máquinas fabricadas nesse período que trabalharam muito e ainda são essencialmente tão boas quanto as dia eles foram feitos (VERGARA, 2005).

A partir dos anos 50, com a reconstrução da indústria após a guerra, particularmente as do Japão e Alemanha, lá desenvolveu um mercado muito mais competitivo; houve crescente intolerância de inatividade. O custo do trabalho tornou-se cada vez mais significativo levando a mais e mais mecanização e automação (VERGARA, 2005).

A maquinaria era de construção mais leve e funcionava a velocidades mais altas. Eles desgastaram mais rapidamente e eram vistos como menos confiáveis, talvez também fossem utilizados mais completamente. A produção exigiu melhor manutenção, o que levou ao desenvolvimento do Planejamento e da Manutenção preventiva (ANDRADE, 2002).

Em meados dos anos 80, a Du Pont Corporation realizou um estudo sobre a eficácia da manutenção e operações em seu grande número de plantas. Eles identificaram as características dessas operações e encontrei o padrão mostrado abaixo. Dentro da indústria e consultoria de manutenção, tem havido uma aceitação inquestionável da verdade universal deste modelo. Mas a experiência das empresas a aplicação do modelo levou à percepção de que é apenas um modelo e, na realidade, há muitos fatores não mostrados que impactam grandemente a progressão bem-sucedida da "escadaria para o céu". Parece que a confiabilidade é um processo evolutivo, assim como a história da manutenção desde a 1950 (VERGARA, 2005).

Pode muito bem continuar sendo necessário que as empresas aprendam a se tornar confiável em vez de transplantar métodos de melhoria e ferramentas para a empresa como sugerido por o modelo da DuPont. As empresas têm que descobrir a “verdade essencial” da confiabilidade e levar isso conhecimento e know-how em suas práticas de engenharia, manutenção e operações. Empresas com manutenção verdadeiramente eficaz e operações de alta confiabilidade são poucas e distantes entre si (ANDRADE, 2002).

A evolução tecnológica em equipamentos de produção, uma evolução contínua que começou no século XX, foi tremendo. No início do século XX, as instalações eram pouco ou não mecanizadas, tinham design simples, trabalhavam em configurações independentes e muitas vezes tinham um considerável excesso de capacidade. Não surpreendentemente, nos últimos anos, as instalações estão se tornando altamente automatizadas e tecnologicamente muito complexo. Muitas vezes, essas instalações são integradas a linhas de produção tamanho certo em capacidade (ANDRADE, 2002).

As instalações não só se tornaram mais complexas, como também se tornaram mais críticas termos de confiabilidade e disponibilidade. A redundância é considerada apenas para casos muito críticos. Por exemplo, uma bomba em uma instalação de processo químico pode ser considerada muito crítico em termos de riscos de segurança. Além disso, o equipamento embutido de características como design modular e padronização são consideradas em ordem para reduzir o tempo de inatividade durante a manutenção corretiva ou preventiva (ANDRADE, 2002).

No entanto, predominantemente apenas para algumas instalações mais caras e mais caras, como sistemas de manufatura (FMS), esses princípios são comumente aplicados. Felizmente, um movimento para níveis mais elevados de padronização e modularização começa a ser testemunhado em todos os níveis das instalações. Como os conceitos de otimização do ciclo de vida são louvável, torna-se obrigatório que, nos estágios iniciais de projeto, a e os requisitos de manutenção são bem pensados (KARDEC, 2009).

Além disso, novos princípios de produção e gerenciamento, como *Just-in-time* (JIT) filosofia, princípios lean, gestão da qualidade total (TQM) e assim por diante, tem emergido. Estas tendências de produção pretendem, por todos os meios, reduzir o desperdício e remover transações sem valor agregado (ANDRADE, 2002).

2.2.2 Tipos de manutenção

Tradicionalmente, cinco tipos de manutenção foram distinguidos, que são diferenciados pela natureza das tarefas que eles incluem: Manutenção corretiva: O conjunto de tarefas é destinado a corrigir os defeitos encontrados nos diferentes equipamentos e que são comunicados ao departamento de manutenção pelos usuários do mesmo equipamento (MOUBRAY, 1996).

A missão da manutenção preventiva é manter um nível de serviço determinado em equipamentos, programando as intervenções de suas vulnerabilidades no momento mais oportuno. É usado para ser um personagem sistemático, ou seja, o equipamento é inspecionado mesmo que não tenha dado nenhum sintoma de ter um problema (MONCHY,

1987).

Já a manutenção preditiva, busca conhecer e relatar constantemente o *status* e a capacidade operacional das instalações, conhecendo os valores de certas variáveis, que representam tal estado e capacidade operacional. Para aplicar esta manutenção, é necessário identificar variáveis físicas (temperatura, vibração, consumo de energia, etc.). Qual variação é indicativa de problemas que podem estar aparecendo no equipamento. Essa manutenção é a mais técnica, pois requer recursos técnicos avançados e, em momentos de forte conhecimento matemático, físico e / ou técnico (TAVARES, 2005).

Manutenção Zero Horas (*Overhaul*): O conjunto de tarefas cujo objetivo é rever o equipamento em intervalos programados antes de aparecer qualquer falha, seja quando a confiabilidade do equipamento foi reduzida, por isso é arriscado fazer previsões de capacidade de produção. Esta revisão é baseada em deixar o equipamento a zero horas de operação, ou seja, como se o equipamento fosse novo. Essas revisões substituirão ou consertarão todos os itens sujeitos a desgaste. O objetivo é garantir, com alta probabilidade, um bom tempo de trabalho previamente fixado (XENOS, 1998).

Manutenção periódica (TBM): a manutenção básica do equipamento feita pelos usuários do mesmo. Consiste em uma série de tarefas elementares (coleta de dados, inspeções visuais, limpeza, lubrificação, parafusos de reaperto, dentre outros) para os quais nenhum treinamento extensivo é necessário, mas talvez apenas um breve treinamento. Este tipo de manutenção é baseado no TPM (Total Productive Maintenance) (MONCHY, 1987).

Essa divisão de tipos de manutenção tem a desvantagem de que cada equipamento precisa de uma mistura de cada um desses tipos de manutenção, de modo que não podemos pensar em aplicar um deles a um equipamento específico (TAVARES, 2005).

2.2.3 Importância de um programa de manutenção periódico

Quantos aos resultados, para Monchy (1987), a importância de um programa de manutenção eficaz não pode ser negligenciada porque desempenha um papel tão importante na eficácia da fabricação. A manutenção pode ser considerada como o cuidado de "saúde" de máquinas de fabricação e equipamentos. É necessário reduzir efetivamente o desperdício e executar uma operação eficiente e contínua, operação de manufatura, negócios ou operação de serviços. O custo da manutenção regular é muito pequena quando comparada com o custo de uma quebra importante, quando não há produção (MONCHY, 1987).

A manutenção regular deve garantir que todos os equipamentos necessários a produção está operando a 100% de eficiência em todos os momentos. Através de pequenas inspeções diárias, limpeza, lubrificação e pequenos ajustes, problemas menores podem ser detectados e corrigidos antes de se tornarem um grande problema que pode encerrar uma linha de produção. (ALMEIDA, 2000).

Para Campos (1992), o programa de manutenção exige participação e apoio de toda a empresa por parte de todos do alto executivo ao pessoal da fábrica. O custo real de

uma máquina é, por vezes, difícil de medir. Uma pesquisa recente mostrou que o custo de uma quebra de máquina é mais do que apenas o trabalho de manutenção e materiais para fazer o reparo. Uma pesquisa recente mostrou o custo real de um colapso entre quatro a quinze vezes os custos de manutenção. Quando a avaria causa a produção para parar, os custos são muito altos porque nenhuma peça está sendo produzida (CAMPOS, 1992).

Diante da citação anterior, a afirmação colabora com o propósito da manutenção autônoma que é desenvolver operadores para poder cuidar de pequenos trabalhos de manutenção no equipamento que eles usam para manutenção tão especializada que as pessoas podem se concentrar atividade de valor agregado e reparos técnicos.

De acordo com Almeida (2000), o mundo da manutenção com as modernas tecnologias de computação e informação, mais produtos e máquinas são equipados com sensores em partes críticas de máquinas para avisar sobre falhas potenciais muito antes pode falhar para que possam ser corrigidos antes de interromperem a produção. Sistemas Inteligentes de Manutenção Sistemas inteligentes de manutenção (IMS) Prever e prever o desempenho dos equipamentos (ALMEIDA, 2000).

Para Monchy (1987), o tempo de inatividade próximo de zero enfoca o desempenho da máquina técnicas para minimizar falhas. Os dados vêm de duas fontes: sensores (montados no máquinas) e todo o sistema da empresa (incluindo dados de qualidade, histórico e tendências). Por olhando para dados dessas fontes (atuais e históricas), ele pode prever o desempenho futuro. Alarme sinos os serviços de campo da máquina dependem de sistemas de gerenciamento orientados por sensores que fornecem alertas, alarmes e indicadores (MONCHY, 1987).

No momento em que o alarme soar, já é tarde demais para evitar falha. A maior parte do tempo de inatividade da fábrica é causada por essas situações inesperadas. Não há alerta desde que analise o desgaste normal ao longo do tempo. Se fosse possível monitorar o desgaste normal, então seria possível prever situações futuras e executar tarefas de manutenção antes desagregação ocorre (MARQUES, 2003).

A visão de longo prazo sobre manutenção inteligente é que podemos usar qualquer meio - incluindo tecnologias incorporadas (software) e remotas - para monitorar o desempenho do equipamento. Então se o desgaste começa a ocorrer, há tempo suficiente para consertar o item antes da falha (MONCHY, 1987).

Uma máquina pode auto avaliar sua saúde e acionar sua própria solicitação de serviço conforme necessário. Se esse modelo funcionar, então nós terá um produto que pode gerenciar seu próprio desempenho de serviço e sua própria garantia contratos. Ele também pode nos alertar sobre maneiras de mantê-lo funcionando de maneira de alto desempenho (ALMEIDA, 2000).

Se o equipamento começar a se desgastar, é possível começar a produzir peças com qualidade inaceitável e não sabe há muito tempo. Eventualmente, o desgaste da máquina será seriamente afetam não apenas a produtividade, mas também a qualidade do produto (CAMPOS, 1992).

Empresas de classe mundial já adotaram uma abordagem revolucionária, implemen-



tando novo modelo de negócio de serviços para alterar os sistemas de manutenção em serviço inteligente e ativo soluções de gerenciamento. Eles reduzem o tempo de inatividade e fornecem a capacidade de olhar para frente qualidade dos produtos antes de serem embarcados, observando de perto o desempenho e a máquina do equipamento vestem. Em vez de manutenção reativa, as empresas podem, de fato, mudar para "Prever e Prevenir". Um programa de manutenção preventiva é uma das escolhas mais sábias um gerente de instalação pode fazer (CAMPOS, 1992).

Um programa detalhado mantém o equipamento operar eficientemente; prolonga o tempo de vida dos ativos físicos; aumenta a segurança de seus funcionários; mantém a instalação confortável, atraente e energeticamente eficiente; e te ajuda evite grandes e dispendiosos reparos no futuro (ALMEIDA, 2000).

Se tradicionalmente faz uma abordagem mais reativa à manutenção e gerenciamento de instalações, você poderia, em vez disso, salvar milhares de dólares da empresa adotando estratégias preventivas. A economia exata de custos obtida dependerá em grande parte coisas específicas da sua empresa (sua indústria, o equipamento usa, o tamanho de suas instalações e mais) (MARQUES, 2003).

No entanto, geralmente é aceito que a manutenção reativa custará três quatro vezes mais do que a manutenção preventiva. A manutenção preventiva oferece vários benefícios, incluindo tempo de inatividade reduzido, maior eficiência e desempenho do equipamento, condições de trabalho mais seguras e empresa melhorada reputação (MARQUES, 2003).

Todos os dias, suas instalações não produzem nem atendem clientes em níveis ótimos é uma perda para a empresa. Porque nunca saber quando o equipamento pode falhar, resultados de manutenção reativa em tempo de inatividade não planejado, o que leva a funcionários ociosos, parar na produção e perdeu prazos. Para recuperar os negócios funcionando o mais rápido possível, essas falhas inesperadas geralmente exigem que você pague uma hora extra para o técnico. (CAMPOS, 1992).

Um programa de manutenção preventiva mantém o rompimento de operações ao mínimo. Um programa eficaz quebra o ciclo de inatividade e reparo. Porque as verificações de manutenção planejadas, é fácil agendar de uma forma que faz o menor impacto na produção do dia-a-dia (ALMEIDA, 2000).

No final, economiza tempo e dinheiro valiosos tomando os devidos cuidados seu equipamento e mantendo tudo funcionando sem problemas, se o equipamento está relacionado com a produção, processamento de dados ou operação de construção, como aquecimento-ventilação, ar condicionado (HVAC), iluminação, sistemas de energia e encanamento. Todo o equipamento quebra devido ao desgaste normal. Mas a implementação de um programa de manutenção preventiva mantenha as máquinas e os sistemas em boas condições de funcionamento prolongando suas vidas. Substituição de peças, troca de fluido e óleo e inspeções de qualidade garantem que tudo funcione como devemos (CAMPOS, 1992).

O desempenho de sua instalação é aprimorado porque as coisas quebrar com menos frequência, e substituições de peças pequenas geralmente reduzem a necessidade de

revisões de equipamentos em larga escala. E porque o equipamento que você usa não é barato, cuidando melhor ele permite que obtenha mais horas de cada item, levando a um aumento lucro e redução de custos (ALMEIDA, 2000).

Assim como o aumento da eficiência e do desempenho dos equipamentos importante na área industrial, também geram condições de trabalho mais seguras. A segurança dos funcionários e visitantes deve ser sua prioridade máxima, e a manutenção preventiva regular pode levar a melhores condições de segurança e qualidade para todos. Rotina verifica quaisquer riscos e impede condições de trabalho inseguras, então você tem menos lesões e acidentes no trabalho (CAMPOS, 1992).

A manutenção preventiva do equipamento garante que eles trabalhem em condições completas por mais tempo, com melhor desempenho e menos falhas. Para uma empresa que depende do funcionamento adequado de diferentes equipamentos, localizados em locais diferentes, é essencial ter uma ideia clara do status desses ativos (FREITAS, 2011).

É através da Manutenção Preventiva que os gerentes podem monitorar periodicamente seus equipamentos, realizando medições e acompanhamentos que garantam a plenitude das operações (ALMEIDA, 2000).

Da mesma forma, essa atenção constante aumenta a percepção de eficiência no trabalho para o cliente, já que ele não precisa entrar em contato com frequência para pedir a resolução de falhas, nem se vê sem apreciar os equipamentos adquiridos ou alugados. Troca de peças desgastadas e limpeza correta e regular também fazem parte da Manutenção Preventiva, o que garante maior satisfação na execução do serviço (CAMPOS, 1992).

Mais importante do que realizar um grande volume de trabalho de Manutenção Corretiva, a organização e o planejamento da Manutenção Preventiva proporcionam ao gerente mais tempo para se concentrar na estratégia de negócios, pensar em melhorias e gerenciar melhor sua equipe. Para os técnicos, a Manutenção Preventiva lhes dá mais tempo para realizar o melhor trabalho para cada equipamento, conhecendo melhor o patrimônio, seu histórico de intervenções, medições e para melhor aproveitá-lo (ALMEIDA, 2000).

A manutenção preventiva é uma parte importante do gerenciamento de instalações. O objetivo de um programa de manutenção preventiva bem-sucedido é estabelecer práticas consistentes projetadas para melhorar o desempenho e a segurança do equipamento em sua propriedade (CAMPOS, 1992).

Além disso, a manutenção planejada do equipamento ajudará a melhorar a vida útil do equipamento e a evitar qualquer atividade de manutenção não planejada. Um programa bem-sucedido de manutenção preventiva depende da cooperação de todas as partes envolvidas. Os gerentes de engenharia devem confiar nos conhecimentos, ideias e contribuições de todo o pessoal de manutenção da propriedade (FREITAS, 2011).

Infelizmente, a implementação de um programa de manutenção preventiva pode ser demorada e onerosa. Isso cria um debate constante sobre se vale a pena instalar um programa de manutenção preventiva. Será que todas as horas de trabalho e dinheiro investidos no programa superam os reparos de emergência? A partir de nossos anos de experiência, acreditamos que quando o programa é operado corretamente, os benefícios

excedem os custos (FREITAS, 2011).

Aqui estão outros importantes benefícios de um programa de manutenção preventiva operado adequadamente: O tempo de inatividade do equipamento é reduzido e o número de grandes reparos é reduzido, Melhor conservação de ativos e aumento da expectativa de vida dos ativos, eliminando assim a substituição prematura de máquinas e equipamentos (ALMEIDA, 2000).

Custos de horas extras reduzidos e uso mais econômico de funcionários de manutenção devido ao trabalho em uma base programada em vez de uma base de falha para reparar avarias. Os reparos de rotina oportunos evitam menos reparos em larga escala Melhor segurança e condições de qualidade para todos (CAMPOS, 1992).

Existem dois tipos de estratégias de manutenção empregadas pelas empresas que dependem de equipamentos - manutenção reativa e manutenção preventiva. A manutenção reativa segue o lema "se não estiver sem dinheiro, não conserte", uma estratégia que às vezes pode economizar dinheiro a curto prazo, mas muitas vezes acaba custando ainda mais a longo prazo. A manutenção preventiva, por outro lado, é um programa de manutenção cuidadosamente projetado (frequentemente usando o *software* CMMS), onde as tarefas de manutenção são realizadas rotineiramente, a fim de evitar correções maiores e mais caras (FREITAS, 2011).

Muitos profissionais de manutenção reconheceram os benefícios da manutenção preventiva e agora estão recorrendo ao software de manutenção preventiva para manutenção contínua dos equipamentos (CAMPOS, 1992).

As empresas que dependem exclusivamente da manutenção reativa estão essencialmente esperando que um problema aconteça, e isso pode ser um movimento muito caro. O tempo de inatividade não planejado pode resultar em funcionários ociosos, interrompendo a linha de produção, prazos não cumpridos e - para gerentes de propriedades de hotéis, resorts, campi de escolas e outras indústrias voltadas para o consumidor - danos a longo prazo à sua marca (ALMEIDA, 2000).

Uma falha inesperada também pode significar ter de pagar horas extras aos técnicos e ter que pagar dinheiro extra para a entrega de peças durante a noite. Um programa de manutenção preventiva destina-se a evitar esses problemas por meio de tarefas de manutenção de longo prazo planejadas para o uso do software CMMS.

Um plano de manutenção preventiva pode economizar dinheiro para uma empresa, porque os esforços serão concentrados na prevenção de falhas de equipamentos, em vez de responder a emergências, e a manutenção preventiva geralmente é muito mais barata e mais rápida do que as grandes correções. Os gerentes de manutenção podem usar o software CMMS para configurar um programa de manutenção, o que simplifica a transição de manutenção reativa para preventiva e também é muito econômico (CAMPOS, 1992).

Quando o equipamento não está funcionando em condições ideais, ele cria muitos perigos, condições de trabalho inseguras e até mesmo situações de emergência em que os trabalhadores são feridos. A manutenção preventiva melhora a segurança do equipamento e, portanto, a segurança dos trabalhadores da empresa, resultando em menos

lesões e acidentes no trabalho (ALMEIDA, 2000).

3. CONCLUSÃO

À medida que a tecnologia avança e a engenharia de manutenção se desenvolve, as inúmeras vantagens de investir em programas de manutenção de máquinas industriais tornam-se mais evidentes. Isso porque é uma ferramenta estratégica para otimizar o trabalho e aumentar a competitividade e a lucratividade da indústria.

Diante dos achados, observou-se que gestores que insistem em deixar as falhas acontecerem, optando por lidar com correções emergenciais, colocam a produção em risco e desperdiçam tempo e recursos. Para evitar perdas e dores de cabeça, é importante que a indústria veja a manutenção como essencial para o bom fluxo de produção e garanta que não lhe faltem as ferramentas mais importantes para a gestão de ativos.

De outra forma, quando ocorrem avarias, o custo de mão-de-obra por unidade aumenta com o passar do tempo até que as máquinas voltem a funcionar normalmente. Nesse caso, haverá despesas inesperadas para reparar os problemas, que incluem custos extras para instalações de reparo, técnicos/equipe de reparo, inspeções de manutenção preventiva e peças de reposição. Estes são alguns exemplos do que uma empresa pode esperar lidar ao longo do tempo se uma solução confiável de gerenciamento de manutenção não for instalada – mesmo para empresas com novas máquinas em sua produção.

Portanto, este trabalho possui relevância acadêmica, pois o mesmo foi construído baseado em estudos de renomados autores da área de manutenção industrial, os objetivos apresentados no início do trabalho foram atingidos a medida que o trabalho foi desenvolvido, satisfazendo a indagação proposta como problemática.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000.
- ANDRADE, Ednardo B. **Apostila de Gestão da Manutenção**. Florianópolis, CEFET/SC, 2002.
- CAMPOS, V. F. TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG, 1992.
- FREITAS, M. A. S. **Implementação da Filosofia TPM (Total Productive Maintenance): um estudo de caso**. 2011.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro (RJ): Qualitymark, 2009.
- MARQUES, F.T.M. **Sistemas de Controle de Manutenção**. Itajubá: UNIFEI, 2003.
- MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.
- MONCHY, F. **A Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- MOUBRAY, J. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.
- TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005.



VERGARA, S. C.; **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2005.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998.

CAPÍTULO 7

CONTROLE DE POTÊNCIA EM TURBINAS E AEROGERADORES COMO FORMA DE OTIMIZAÇÃO

*POWER CONTROL IN TURBINES AND WIND GENERATORS AS A WAY OF
OPTIMIZATION*

Luis Fernando da Costa¹

Marcio Rener Marques de Azevedo¹

Talison David dos Santos Pereira¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente trabalho tem como tema controle de potência em turbinas e aerogeradores como forma de otimização. O objetivo do estudo é estudar o controle de potência em turbinas eólicas e aerogeradores. A metodologia do estudo caracteriza-se como revisão de literatura, tendo em vista que houve análise dos aspectos históricos, da análise de estudos em relação ao controle de potência em turbinas e aerogeradores. Durante o estudo, pôde-se observar que a otimização da eficiência energética em velocidade variável para aerogeradores é foco de estudos sobre o projeto e exploração de aerogeradores. De fato, o objetivo exclusivo dos sistemas de conversão de energia eólica é a otimização da conversão de energia com o objetivo de maximizar a energia captada do vento. A conclusão do estudo, por fim, mostrou que várias ferramentas numéricas estão em desenvolvimento, algumas baseadas em modelos matemáticos, cada uma apresentando características específicas em termos de precisão, convergência, estabilidade, robustez e velocidade de aerogeradores. Entre os métodos mais promissores que têm aplicado a otimização de layout de parques eólicos, estão os algoritmos de inteligência artificial.

Palavras-chave: Sistema elétrico. Potência. Controle. Aerogeradores. Turbinas.

Abstract

The present work has as its theme power control in turbines and wind turbines as a form of optimization. The objective of the study is to study the power control in wind turbines and wind turbines. The study methodology is characterized as a literature review, considering that there was an analysis of historical aspects, of the analysis of studies in relation to power control in turbines and wind turbines. During the study, it was observed that the optimization of variable speed energy efficiency for wind turbines is the focus of studies on the design and exploitation of wind turbines. In fact, the sole objective of wind energy conversion systems is the optimization of energy conversion with the aim of maximizing the energy captured from the wind. The conclusion of the study, finally, showed that several numerical tools are under development, some based on mathematical models, each one presenting specific characteristics in terms of precision, convergence, stability, robustness and speed of wind turbines. Among the most promising methods that have been applied to wind farm layout optimization are artificial intelligence algorithms.

Keywords: Electrical system. Power. Control. Wind turbines. Turbines.

1. INTRODUÇÃO

As energias renováveis têm sido fundamentais na geração de eletricidade, a energia eólica destaca-se entre as fontes alternativas mais antigas que apresenta um amplo campo para o aprimoramento e desenvolvimento de novas técnicas de controle. Com o aumento da energia eólica em sistemas de potência, cada vez mais os critérios se tornaram rigorosos ao longo do tempo para a conexão e operação de sistemas eólicos.

As turbinas eólicas são as máquinas responsáveis pela retirada da energia eólica, elas podem ser classificadas em eixos horizontais e verticais, gerando energia graças a um gerador elétrico conectado ao eixo, a evolução das tecnologias utilizadas nas turbinas, permite o melhor uso da energia disponível nos ventos e a maior capacidade de controlar as grandezas envolvidas.

A previsão da quantidade de energia a ser produzida é importante para conhecer os valores nominais das turbinas eólicas, os tipos de projetos eólicos, as condições locais, os parâmetros operacionais, bem como o sistema de controle, fatores importantes para entender as possíveis perdas de energia.

Trata-se de tema de máxima relevância, haja vista que, com a necessidade de desenvolver formas de energia limpas e renováveis, a tecnologia de energia eólica experimentou um enorme progresso durante a última década. Dessa forma, existe a crescente preocupação por fontes alternativas de geração de eletricidade visando também preservação ambiental, ou seja, produzir energia sem a utilização de combustíveis fósseis (carvão, gás natural, petróleo) ou nucleares. Os combustíveis fósseis que, além de levar milhões de anos para se formarem, com sua queima geram uma grande quantidade de gases nocivos que são prejudiciais para saúde e problemas ambientais. Surgiu-se assim, a busca por novas fontes de energia renovável, e formas de demonstrar o potencial da energia eólica.

Para satisfazer a crescente demanda de energia elétrica produzida pelo vento são utilizadas turbinas, não apenas para gerar energia mecânica, como também sistemas de conversão de energia eólica ou aerogeradores, proporcionando um ponto de operação de máxima potência nominal que obtém altos valores do coeficiente de potência enquanto durar a operação.

Assim, é essencial aproveitar a disponibilidade de energia eólica durante um determinado período, uma vez que ainda não é possível armazenar grandes quantidades de eletricidade para serem usadas quando ocorrer a demanda. No entanto, a potência elétrica obtida é limitada pelo sistema de controle quando a velocidade do vento se torna maior que a velocidade nominal da turbina. Um coeficiente de potência é obtido para as velocidades do vento no eixo da turbina, o sistema de controle é usado para ajustar o torque do gerador na regulação da potência elétrica de saída.

Esta pesquisa tem como intuito a analisar a importância da utilização das energias renováveis no mundo, bem como a atuação dos sistemas de energia eólica de sistemas de geração, transmissão e distribuição, além de observar a coordenação de atividades de utilização e conservação de energia e fontes. O seguinte questionamento vigora como

problemática deste trabalho. Como o controle de potência em turbinas eólicas e aerogeradores pode melhorar o rendimento?

O objetivo geral deste trabalho é estudar o controle de potência em turbinas eólicas e aerogeradores. E apresenta os seguintes objetivos específicos: Descrever a formação dos ventos, geração de eletricidade, energia e potência extraída; apontar as principais classificações das turbinas eólicas, tipos de sistema de controle; destacar o sistema elétrico de um aerogerador, qualidade da energia e controle de potência.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura, tendo como finalidade a realização de uma abordagem de trabalhos e materiais outrora explorados, mencionando os avanços ocorridos acerca do assunto abordado contribuindo assim, para um importante processo de produção de conhecimento, investigação e análise de uma temática.

O local para realização desse estudo referiu-se às bases de dados científicas. Para investigação, realizou-se um levantamento da produção científica relacionado à gestão de manutenção de sistemas nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* – SciELO, Google acadêmico e Periódicos Capes.

Os descritores utilizados na pesquisa foram: Energia Renovável; Energia Eólica; Sustentabilidade. Serão selecionados artigos científicos para realização do estudo, como critérios de inclusão foram considerados: artigos relacionados à gestão de manutenção de sistemas na energia renovável, publicados no período de 2010 a 2021, que estavam na íntegra e abordavam a temática. Os critérios de exclusão foram os seguintes: repetição de um mesmo artigo, os que apresentavam somente o resumo e que havia ambiguidade relacionado a algum critério de inclusão.

2.2 Resultados e Discussão

Durante a segunda metade do século 20, à medida que os riscos e o custo ambiental da dependência de combustíveis fósseis ficaram cada vez mais aparentes, houve um aumento no interesse em desenvolver fontes de energia mais limpas e renováveis. Uma das principais entre essas tecnologias de energia limpa tem sido a energia eólica. A história do uso do vento pela humanidade como fonte de energia é surpreendentemente longa. Na verdade, pode ser classificado como uma das fontes de energia mais antigas da humanidade (REIS, 2011).

As pessoas usavam a energia eólica para impulsionar barcos ao longo do rio Nilo já em 5.000 a.C. Por volta de 200 a.C. bombas de água simples movidas a vento foram usadas na China, e moinhos de vento com lâminas de junco trançado estavam moendo grãos

na Pérsia e no Oriente Médio (HOFFMANN, 2002).

Novas formas de usar a energia eólica acabaram se espalhando pelo mundo. Por volta do século 11, as pessoas no Oriente Médio estavam usando bombas de vento e moinhos de vento extensivamente para a produção de alimentos. Os mercadores e os cruzados trouxeram a tecnologia eólica para a Europa. Os holandeses desenvolveram grandes bombas de vento para drenar lagos e pântanos no delta do rio Reno. Imigrantes da Europa eventualmente levaram a tecnologia de energia eólica para o Hemisfério Ocidental (LOPEZ, 2012).

Os colonos americanos usavam moinhos de vento para moer grãos, bombear água e cortar madeira em serrarias. Proprietários e fazendeiros instalaram milhares de bombas eólicas quando se estabeleceram no oeste dos Estados Unidos. No final de 1800 e início de 1900, pequenos geradores eólicos (turbinas eólicas) também foram amplamente utilizados (CASTRO, 2007).

O número de turbinas eólicas diminuiu à medida que os programas de eletrificação rural na década de 1930 estenderam as linhas de energia para a maioria das fazendas e ranchos em todo o país. No entanto, algumas fazendas ainda usam bombas eólicas para fornecer água para o gado. Pequenas turbinas eólicas estão se tornando mais comuns novamente, principalmente para fornecer eletricidade em áreas remotas e rurais (CASTRO, 2007).

Nos últimos anos, no nordeste brasileiro o setor acumulou recorde de geração de energia. Isso tem ajudado a reduzir as consequências da crise hídrica que o país enfrenta atualmente — devido às chuvas secas — e também a estimular a recuperação econômica, gerando empregos. O Brasil ocupa o sétimo lugar no ranking global do *Global Wind Energy Council* (GWEC) com 19 GW de capacidade instalada. Para se ter uma ideia do crescimento, o setor tinha menos de 1 GW instalado no país há uma década e atualmente é a segunda maior fonte de energia do país, respondendo por 10% da matriz elétrica (GWEC, 2019).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a expectativa é que até 2024 o Brasil tenha pelo menos 30 GW de capacidade instalada de energia eólica, considerando apenas os leilões já realizados e os contratos assinados. Novos leilões adicionarão mais capacidade instalada nos próximos anos (ABEEOLICA, 2021).

A energia renovável é usada principalmente para fornecer energia elétrica mais limpa e eficiente. Existem muitos tipos de fontes de energia renováveis promissoras, como eólica, solar, células de combustível, hídrica, etc. Entre todas, a energia eólica está crescendo exponencialmente e tem um impacto com grande potencial. A demanda de energia elétrica é atendida por meio de turbina eólica devido às suas múltiplas vantagens, como baixo custo e natureza muito robusta (CASTRO, 2007).

As usinas eólicas produzem eletricidade por meio de um conjunto de turbinas eólicas no mesmo local. A localização de uma usina eólica é afetada por fatores como as condições do vento, o terreno circundante, o acesso à transmissão elétrica e outras considerações de localização. Em uma usina eólica em escala de utilidade, cada turbina gera eletricidade que vai para uma subestação, onde é transferida para a rede, onde alimenta

as residências do consumidor (REIS, 2011).

A condução da energia elétrica acontece quando as linhas de transmissão transportam eletricidade em altas tensões por longas distâncias de turbinas eólicas e outros geradores de energia para áreas onde essa energia é necessária. Os transformadores recebem eletricidade CA (corrente alternada) em uma voltagem e aumentam ou diminuem a voltagem para fornecer a eletricidade conforme necessário.

Uma usina eólica usará um transformador elevador para aumentar a tensão (reduzindo assim a corrente necessária), o que diminui as perdas de energia que ocorrem ao transmitir grandes quantidades de corrente em longas distâncias com linhas de transmissão. Quando a eletricidade chega a uma comunidade, os transformadores reduzem a voltagem para torná-la segura e utilizável por edifícios e casas dessa comunidade (LOPEZ, 2012).

Uma subestação liga o sistema de transmissão ao sistema de distribuição que fornece eletricidade para a comunidade. Dentro da subestação, os transformadores convertem a eletricidade de altas tensões para tensões mais baixas, que podem então ser entregues com segurança aos consumidores de eletricidade (CASTRO, 2007).

O vento é o movimento do ar em decorrência de um aquecimento não uniforme da atmosfera pelo sol (NEVES et al., 2009), ou seja, radiação solar. Que atinge de forma mais intensa a Terra perto das zonas equatoriais do que das zonas polares, causando assim uma diferença de pressão na atmosfera (CASTRO, 2007). Conseqüentemente, o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituído por uma massa de ar mais fria que se desloca das regiões polares. Esse deslocamento é o que determina a formação dos ventos.

“A terra gira em torno do seu próprio eixo a uma velocidade tangencial de 1.600 km/h no equador” (LOPEZ, 2012, p. 32). Essa rotação faz com que um objeto que esteja no equador tenha uma velocidade tangencial maior que outro que se encontra mais próximo a um dos polos. Uma massa que se em direção ao equador terá uma rotação no sentido oposto à da Terra enquanto uma massa que vai do equador ao polo terá uma rotação do mesmo sentido da Terra (LOPEZ, 2012).

O vento é a principal característica do movimento de massas de ar na atmosfera e sua aparência está diretamente relacionada às mudanças na pressão do ar que, por sua vez, são produzidas termicamente pelas fases de radiação solar e aquecimento de massa de ar (ZHANG et al., 2010).

Cada objeto submetido ao vento acaba absorvendo parte de sua energia, mas no caso do aerogerador obtém energia convertendo o vento em um binário agindo sobre as pás do rotor, é muito importante fazer isso absorvendo a massa mínima. Onde até os sistemas mais modernos de aerogeradores não conseguem transformar mais de 59,3% da energia produzida pelo vento (LOPEZ, 2012).

O princípio da conservação de energia diz que “a energia pode ser transformada ou transferida, mas nunca criada ou destruída” (Princípio de Lavoisier). Considerando algumas perdas entre processos, uma turbina eólica converte energia a partir de dois pro-

cessos. Inicialmente a energia cinética do vento é transformada em energia mecânica e depois em energia elétrica que será distribuída para a rede elétrica (HAU, 2006).

O vento atinge as pás do rotor em movimento. Acionando um sistema de engrenagens que multiplica a frequência do rotor. Essa velocidade é transmitida ao gerador elétrico responsável pela produção de eletricidade por meio do fenômeno de indução eletromagnética, gerando uma força eletromotriz. Dependendo da tecnologia usada pelo aerogerador, o multiplicador mecânico e o conversor eletrônico não são necessários. Embora a energia mecânica seja sempre constante, a quantidade de cada um de seus componentes pode variar de forma que a energia total permaneça constante (HAU, 2006).

As turbinas eólicas funcionam com um princípio simples: em vez de usar eletricidade para produzir vento – como um ventilador – as turbinas eólicas usam o vento para produzir eletricidade. O vento gira as pás semelhantes a hélices de uma turbina em torno de um rotor, que gira um gerador, que cria eletricidade. O vento é uma forma de energia solar causada por uma combinação de três eventos simultâneos: (LOPEZ, 2012).

- a) O sol aquece desigualmente a atmosfera;
- b) Irregularidades da superfície terrestre;
- c) A rotação da terra.

Os padrões e velocidades do fluxo de vento variam muito no Brasil e são modificados por corpos de água, vegetação e diferenças no terreno. Os termos “energia eólica” descreve o processo pelo qual o vento é usado para gerar energia mecânica ou eletricidade. Essa energia mecânica pode ser usada para tarefas específicas (como moer grãos ou bombear água) ou um gerador pode converter essa energia mecânica em eletricidade (ZHANG *et al.*, 2010).

Uma turbina eólica transforma a energia eólica em eletricidade usando a força aerodinâmica das pás do rotor, que funcionam como uma asa de avião ou pá de rotor de helicóptero. Quando o vento flui através da lâmina, a pressão do ar em um lado da lâmina diminui. A diferença na pressão do ar nos dois lados da lâmina cria sustentação e arrasto. A força do elevador é mais forte do que o arrasto e isso faz com que o rotor gire. O rotor se conecta ao gerador, diretamente (se for uma turbina de acionamento direto) ou através de um eixo e uma série de engrenagens (uma caixa de engrenagens) que aceleram a rotação e permitem um gerador fisicamente menor (LOPEZ, 2012).

As turbinas eólicas são equipamentos modernos e na grande maioria utilizados para gerar eletricidade. Podem variar desde pequenas turbinas encontradas em áreas rurais, produzindo potência na ordem de dezenas ou centenas de Kw, até turbinas interligadas à rede elétrica, considerando-se de grande porte que produzem potência na ordem de alguns megawatts (REIS, 2011).

As turbinas eólicas usam os ventos fortes para gerar eletricidade. Uma turbina eólica é uma máquina que possui um rotor com as pás da hélice. Para a geração de eletricidade, as pás são dispostas sistematicamente em uma orientação horizontal. Os parques eólicos estão localizados em áreas com alta velocidade do vento. Como a velocidade do vento

é maior, o giro das pás será mais rápido, aumentando assim a velocidade do rotor para transmitir eletricidade ao gerador (LOPEZ, 2012).

Esta eletricidade produzida é fornecida a diferentes estações através da rede elétrica. Um parque eólico consiste em muitas turbinas eólicas que normalmente têm 50m de comprimento cada uma em altura. A circulação do ar aumenta com o aumento das altitudes. Assim, as turbinas eólicas são geralmente construídas em altitudes mais elevadas. Vale ressaltar que a potência mecânica durante velocidades de vento mais altas deve ser controlada e mantida (ZHANG *et al.*, 2010).

Segundo Kulunk (2011), o vento tem características variáveis devido às condições atmosféricas influenciadas pela rotação da terra, a velocidade do vento diminui à medida que se aproxima da superfície da terra devido ao atrito entre o ar e o solo. Todos esses efeitos afetam o movimento de rotacional das pás da turbina eólica. Sendo assim, a potência mecânica produzida pelas turbinas eólicas depende da interação entre o rotor e o vento. Então, o desempenho das turbinas é determinado pelas forças aerodinâmicas causadas pelo vento, que só podem ser simuladas pelo equipamento que permite gerar fluxos de vento de maneira controlada, otimizando assim seu desempenho (LOPEZ, 2012).

É o componente do sistema eólico responsável por extrair a energia cinética dos ventos e converter em energia mecânica no eixo de rotação (KULUNK, 2011). Este é o componente mais característico de um sistema eólico, portanto, sua configuração influenciará diretamente no desempenho do sistema.

Segundo Hau (2006), os sistemas de controle de uma turbina eólica devem principalmente garantir sua operação totalmente automática. Qualquer abordagem que exija intervenção manual durante a operação normal seria totalmente inaceitável. Além disso, considerações econômicas exigem sistemas de controle de máxima eficiência em cada ponto da operação (HAU, 2006).

Como qualquer sistema, o controle é de vital importância para a continuidade do sistema em si e para o uso contínuo dos objetivos inicialmente implementados. O controle de turbinas eólicas pode ser apresentado de duas maneiras diferentes: a capacidade da turbina de se adaptar à velocidade do rotor durante a produção normal; e o método pelo qual a turbina limita a potência extraída do fluxo de vento, quando se torna maior que a potência na qual a turbina foi dimensionada (HOFMANN, 2002).

Segundo Manwell (2009) sistemas de controle de turbinas de baixa potência (com potência máxima de até 50 Kw) normalmente têm um sistema de controle de potência e um sistema de desligamento de turbina eólica no caso de ventos com velocidades maiores que a projeção.

As pás são construídas para operar a uma velocidade nominal do vento V_n , para extrair a potência máxima P_{max} , mas a variação do fluxo de vento não ocorre, o que requer a necessidade de controle, de modo que a turbina opere dentro de seus limites de velocidade e forneça a potência P_{max} (MANWELL, 2009). Podem ser classificados como: controle passivo de estol, controle de ativo do ângulo de passo, controle de rotação e controle de paragem.

Os aerogeradores são dispositivos que convertem a energia mecânica de rotação do rotor em energia elétrica, por meio de um conversor eletromecânico, uma forma limpa de utilizar energia. Essa conversão é realizada por geradores, que nada mais são do que motores elétricos, que giram em torno de seu eixo, induzindo (de acordo com a Lei de Faraday) corrente em seus terminais (WOLFGANG, 1981).

Uma vez gerada, a corrente passa pelo sistema inversor, onde sua frequência é controlada em um ponto especificado, depois pelos transformadores, onde sua tensão é controlada, para ser enviada à rede elétrica. Os geradores podem ser do tipo "CA" ou "CC", caso convertam energia em corrente alternada ou corrente contínua, respectivamente. Nos geradores CC, a energia é convertida como o nome indica na forma de corrente contínua ou corrente contínua e transportada com a bateria para armazenar essa energia para uso posterior. Essa forma de conversão é um pouco trabalhosa, pois requer um banco de baterias relativamente grande para poder ter uma quantidade razoável de energia no mesmo local (LOPEZ, 2012).

Além disso, os eletrodomésticos e a maioria dos equipamentos elétricos e eletrônicos são projetados para funcionar com a corrente alternada transportada pelos meios de transporte que esse modo oferece. Portanto, em sistemas que utilizam geradores CC, é necessário que seja incluído um conversor de frequência no sistema para que os painéis elétricos possam ser utilizados diretamente. Por outro lado, esta forma permite que a energia esteja disponível mesmo que não haja vento por um determinado tempo (ZHANG et al., 2010), os alternadores.

Quanto aos geradores, seu funcionamento é baseado na forma de corrente alternada que pode ser usado diretamente em dispositivos elétricos e eletrônicos do dia a dia. Porém, existem duas desvantagens nesse tipo de geração de energia: primeiro, a energia não pode ser armazenada na forma de corrente alternada, tem que ser retificada com diodos, por exemplo, continuamente, e armazenada em bancos. A segunda desvantagem é que o alternador gera corrente em uma frequência que varia com a velocidade de rotação do rotor, e quando o vento muda, a frequência gerada pelo gerador também muda muito.

Para ativar este sistema elétrico, que deve estar em torno de 60 Hz (Hertz), é necessário conectar um dispositivo ao sistema, mantendo a frequência desejada em torno de 60 Hz; este dispositivo é denominado inversor síncrono (CRESESB, 2008).

Para Lopez (2012), as turbinas eólicas são os sistemas de conversão de energia eólica mais comuns, apesar de serem capazes de competir com combustíveis fósseis em algumas áreas favoráveis, é necessário desenvolver a tecnologia para ganhar vantagem em grande escala e reduzir o preço de produção de energia.

Manwell (2009), colabora em seus trabalhos ao afirmar que o crescimento dos parques eólicos é enorme, que cresceu em tamanho e proporção de potência muito pequena para tamanho de megawatts, a conversão de energia eólica em energia elétrica envolve basicamente duas fases: a primeira etapa é a conversão de energia cinética em energia mecânica para o gerador eólico do eixo a ser acionado.

Castro (2007), descreve que os dispositivos de conversão críticos nesta fase são as pás eólicas, a segunda etapa é a energia mecânica captada pelas pás eólicas e posterior-

mente convertida em energia elétrica por meio de geradores eólicos. A ligação à rede é altamente acionada pelo conversor, sendo extremamente importante maximizar o desempenho da primeira conversão, o que pode ser feito utilizando geradores de velocidade variável, pois a eficiência de conversão é muito baixa. A maioria das pesquisas em tecnologia de parques eólicos são realizadas nas áreas, (a) otimização de layout de parques eólicos (b) abordagens de modelagem de turbinas eólicas (c) Redução de custos (d) Planejamento e operação da rede (e) Energia e gerenciamento de energia (CASTRO, 2007).

Portanto, a otimização da eficiência energética em velocidade variável para aerogeradores é foco de estudos sobre o projeto e exploração de aerogeradores. De fato, o objetivo exclusivo dos sistemas de conversão de energia eólica é a otimização da conversão de energia com o objetivo de maximizar a energia captada do vento (NEVES *et al.*, 2009),

Entre os novos trabalhos nesta área, é preferível enfatizar não apenas uma abordagem baseada em otimização para reduzir cargas estruturais extremas durante o desligamento rápido e de emergência, mas também na previsão da capacidade máxima de geração para obter o controle de potência e busca extrema para realizar rastreamento de ponto máximo bem como respostas dinâmicas de turbinas eólicas terrestres e flutuantes sob falhas do sistema de passo (CRESESB, 2008).

No desenvolvimento real da energia eólica, o autor Reis (2011), cita que o equipamento de medição de vento usado na maioria dos parques eólicos é o anemômetro, que geralmente é instalado na casa de máquinas da turbina eólica. O autor afirma, embora esse método de instalação seja um esquema razoável e preferido por um longo tempo, a partir da análise da localização do espaço, esse esquema de localização de instalação não é uma escolha perfeita.

Durante a espera ou operação da unidade, a turbina eólica localizada em frente à praça de máquinas muitas vezes interfere no fluxo de ar diretamente na frente da praça de máquinas, o que altera o vetor de fluxo de ar que chega originalmente ao equipamento de medição de vento, resultando na velocidade do vento e os dados de direção medidos pelo anemômetro não pertencem mais aos dados de fluxo de ar na frente da turbina eólica (ZHANG *et al.*, 2010).

Para Castro (2007), o maior impacto é que os dados medidos da direção do vento e os dados na frente da roda do vento têm um grande erro. Se a resposta de guinada for realizada, a turbina eólica não pode realmente enfrentar a direção do vento, e haverá um ângulo de erro, o que afetará a eficiência de geração da turbina eólica.

A fim de reduzir a interferência da turbina eólica no equipamento de medição de vento na cabine, usamos uma tecnologia eólica de sensoriamento remoto mais madura, bem como uma nova tecnologia de medição de vento - vento de radar a laser, atualmente. O instrumento de medição de vento de radar a laser tipo cabine é instalado acima da nacela da turbina eólica e pode medir com precisão os dados de direção do vento na direção horizontal na frente da turbina eólica (ZHANG *et al.*, 2010).

Os dados medidos pelo radar é o ângulo entre a velocidade do vento da frente da turbina eólica e a direção do vento da roda eólica e a direção do vento de entrada e saída. Pode obter o ângulo de guinada diretamente. Portanto, a precisão da instalação do me-

didor de vento lidar afeta estritamente os resultados do teste. No processo de teste, devemos adotar métodos de instalação confiáveis e otimizar os dados de medição do vento calibrando a precisão da instalação (ZHANG *et al.*, 2010).

Inicialmente, segundo Hau (2006), a maioria das turbinas eólicas opera em velocidade fixa ao produzir energia. Em uma sequência de partida, o rotor pode ser estacionado (mantido parado) e, ao liberar os freios, seria acelerado pelo vento até que a velocidade fixa exigida fosse atingida. Nesse ponto, seria feita uma conexão com a rede elétrica e então a rede (através do gerador) manteria a velocidade constante. Quando a velocidade do vento aumentasse além do nível em que a potência nominal foi gerada, a potência seria regulada em qualquer uma das formas descritas anteriormente, por estol ou por arremesso das pás (ZHANG *et al.*, 2010).

Posteriormente, Kulunk (2011), citou que a operação de velocidade variável foi introduzida, isso permitiu que o rotor e a velocidade do vento fossem combinados, e o rotor poderia, assim, manter a melhor geometria de fluxo para máxima eficiência. O rotor poderia ser conectado à rede em baixas velocidades em ventos muito leves e aceleraria proporcionalmente à velocidade do vento. À medida que a potência nominal se aproximava, e certamente depois que a potência nominal estava sendo produzida, o rotor voltaria a uma operação de velocidade quase constante, com as pás sendo inclinadas conforme necessário para regular a potência (HAU, 2006).

As diferenças importantes entre a operação de velocidade variável, como empregada em grandes turbinas eólicas modernas, e a operação de velocidade fixa convencional mais antiga são: Velocidade variável em operação abaixo da potência nominal pode permitir maior captura de energia e a capacidade de velocidade variável acima da potência nominal (mesmo em uma faixa de velocidade bastante pequena) pode aliviar substancialmente as cargas, facilitar o trabalho do sistema de inclinação e reduzir muito a variabilidade da potência de saída (HOFFMANN, 2002).

O controle de passo ativo é o termo usado para descrever o sistema de controle no qual as pás se movem ao longo de seu eixo como uma pá de hélice. Esta abordagem, superficialmente, oferecia um melhor controle do que a regulação de estol, mas surgiu através da experiência que o controle de uma turbina eólica de velocidade fixa em velocidades de vento operacionais altas acima da velocidade do vento nominal (velocidade de vento mínima constante na qual a turbina pode produzir sua potência de saída nominal) pode ser bastante problemático. As razões são complexas, mas em condições de vento turbulento (mudança constante) é necessário manter o ajuste do passo para o ângulo mais apropriado e cargas altas, e variações excessivas de potência podem ocorrer sempre que o sistema de controle é 'apanhado' com as pás no posição errada (ZHANG *et al.*, 2010).

Em vista de tais dificuldades, que eram mais agudas em altas velocidades operacionais do vento (digamos, 15 m/s a 25 m/s), o controle de passo em conjunto com uma velocidade rigidamente fixa tornou-se uma combinação "desafiadora". (LOPEZ, 2012).

A velocidade variável tem alguns atrativos, mas também traz preocupações de custo e confiabilidade. Era visto como um caminho para o futuro, com redução de custos esperada e melhorias de desempenho na tecnologia de acionamento de velocidade variável. Até certo ponto, isso foi realizado. Nunca houve um caso claro para velocidade variável

por motivos econômicos, com pequenos ganhos de energia sendo compensados por custos extras e também perdas adicionais no inversor de velocidade (ZHANG *et al.*, 2010).

O atual impulso para a velocidade variável em novas turbinas eólicas de grande porte está relacionado a uma maior flexibilidade operacional e preocupações com a qualidade de energia das turbinas eólicas tradicionais reguladas por estol. Os sistemas de duas velocidades surgiram durante as décadas de 1980 e 1990 como um compromisso, melhorando as características de captura de energia e emissão de ruído de turbinas eólicas reguladas por estol (LOPEZ, 2012).

A tecnologia de velocidade variável oferece melhor qualidade de energia de saída para a rede e isso agora está impulsionando a rota de projeto das maiores máquinas. De acordo com a bibliografia pesquisada, alguns experimentos estão em andamento com a combinação de velocidade variável e regulagem de estol, mas a velocidade variável combina naturalmente com regulagem de passo. Por razões relacionadas aos métodos de controle de potência, um sistema elétrico de velocidade variável permite que o controle de velocidade seja efetivo e não superativo.

3. CONCLUSÃO

Nos últimos 20 anos, os sistemas de conversão de energia eólica atingiram a maturidade. O crescente mercado mundial de energia eólica culminará em melhorias adicionais, durante o estudo foi visto que há um esforço contínuo para o avanço nas estratégias de desempenho de turbinas eólicas e técnicas que resultem em reduções de custos adicionais. O objetivo final de um sistema eólico é projetar uma turbina eólica capaz de competir com o combustível fóssil. O número de trabalhos de pesquisas que aplicam técnicas de otimização na tentativa de alcançar otimização do sistema é relevante.

A fim de obter a energia eólica de forma econômica, os pesquisadores consideraram técnicas de otimização para a construção de turbinas eólicas em parques eólicos. Assim, este estudo propôs uma formulação de achados na literatura sobre a otimização para a colocação de aerogeradores em um parque eólico considerando a otimização como requisito de estudo.

Recentemente, várias ferramentas numéricas estão em desenvolvimento, algumas baseadas em modelos matemáticos, cada uma apresentando características específicas em termos de precisão, convergência, estabilidade, robustez e velocidade de aerogeradores. Entre os métodos mais promissores que têm aplicado a otimização de layout de parques eólicos, estão os algoritmos de inteligência artificial.

Portanto, estudos futuros podem ser focados na revisão e análise das abordagens recentes que se baseiam na aplicação de *softwares* e sistemas computacionais de diagnóstico de falhas e tempo de vida dos sistemas de aero geradores instalados, seu papel e as melhorias que trazem na solução de problemas e no tratamento de ações corretivas, especialmente em sistemas eólicos onde os mecanismos de falha geralmente não são facilmente identificados a olho nu. Mais do que isso, almeja-se alcançar melhorias em termos de práticas técnicas de otimização, gerenciamento de desempenho do sistema e

estabilidade de turbinas.

Referências

ABEEÓLICA, Associação Brasileira de Energia Eólica. **Dia Mundial do Vento: Brasil completa 19 GW de capacidade instalada de energia eólica.** 2021. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/dia-mundial-do-vento-brasil-completa-19-gw-de-capacidade-instalada-de-energia-eolica/>. Acesso em: 19 de abr. de 2022.

CASTRO, Rui M.G. **Condições Técnicas e Económicas da Produção em Regime Especial Renovável.** 2007. 74 f. Dissertação em Energia - Universidade Técnica de Lisboa.

CRESESB, 2008. **Centro de Referência para Energia Solar e Energia Eólica Sergio de Salvo Brito.** Tutorial e-book.

GWEC. **Relatório Eólico Global de 2019.** Disponível em: <https://gwec.net/global-wind-report-2019/#:~:text=2020%20was%20expected%20to%20be,76%20GW%20of%20new%20capacity.&text=GWEC%20will%20revise%20its%202020,market%20outlook%20in%20Q2%202020>. Acesso em: 20 de abr. 2022.

HAU, Erich. **Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Applications and Economics.** Second edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

HOFFMANN Rolf. **A comparison of control concepts for wind turbines in terms of energy capture.** Alemanha, 2002. Disponível em: < <http://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/epda/000226/Diss.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2022

KULUNK, Emrah. **Aerodynamics of Wind Turbines, Fundamental and Advanced Topics in Wind Power.** Croácia, 2011. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/fundamental-and-advanced-topics-in-wind-power/aerodynamics-of-windturbines>. Acesso em: 22 mar. 2022.

LOPEZ, Ricardo Aldabo. **Energia Eólica.** 2. Ed. São Paulo: Altiliber, 2012.

MANWELL J. F. et al. **Wind Energy, Explained. Theory, design and application.** 2ª ed. John Wiley & Sons, 2009.

NEVES et al., **Introdução ao Estudo de Energia Eólica.** Caderno Didático - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de Energia Elétrica.** 2. Ed. São Paulo: Manole, 2011.

WOLFGANG, Palz. **Energia Solar e Fontes Alternativas** – Hemus, 1981.

ZHANG, L. et al. Problemas e medidas da rede elétrica que acomoda a energia eólica em grande escala. **Proc. Queixo. Soc. Eletr. Eng.** 30 (25), 1–9. doi:10.13334/j.0258-8013.pcssee.2010.25.001 2010.

CAPÍTULO 8

EFICIÊNCIA DA ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

VIBRATION ANALYSIS EFFICIENCY

Kayk Rennan Lopes da Silva¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

No cenário atual, onde a indústria tem cada vez mais acelerado seu ritmo de produção para atender a intensa demanda, o setor de manutenção tem buscado cada vez mais alternativas que solucione potenciais problemas ou defeitos, que porventura, quando não resolvidos, venham a parar a produção, trazendo um gasto financeiro prejudicial para o negócio envolvido. Toda máquina por si só gera vibração quando em funcionamento, porém é necessário saber identificar quando esse comportamento está ultrapassando o padrão aceitável, uma vez que com o passar do tempo suas propriedades podem sofrer variações. Porém, como um clichê popular já diz “cada caso, é um caso” uma vez que fazer todo o acompanhamento e análise demanda um grande investimento financeiro. A análise de vibrações é uma importante ferramenta nos processos de manutenção em máquinas e equipamentos. Com ela, torna-se possível prever e controlar problemas no desempenho de máquinas e equipamentos, assim como identificar peças que precisem ser trocadas.

Palavras-chave: Análise. Vibração. Variações.

Abstract

In the current scenario, where the industry has increasingly accelerated its production pace to meet the intense demand, the maintenance sector has increasingly sought alternatives to solve potential problems or defects, which, if not resolved, may stop the production, bringing a harmful financial expense to the business involved. Every machine by itself generates vibration when in operation, but it is necessary to know how to identify when this behavior is exceeding the acceptable standard, since its properties may change over time. However, as a popular cliché says “each case is a case” since doing all the monitoring and analysis demands a large financial investment. Vibration analysis is an important tool in machine and equipment maintenance processes. With it, it becomes possible to predict and control problems in the performance of machines and equipment, as well as identify parts that need to be replaced.

Keywords: Analysis. Vibration. Variations.

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a evolução tecnológica se instaurou nas indústrias, fazendo com que a procura por uma maior e melhor produtividade e qualidade se tornasse requisitos valiosos, visto que com o aumento da concorrência qualificada, maneiras mais eficientes e com custo reduzido para gerenciar uma produção tornou-se necessário. Somente ter uma extensa linha de produção, máquinas sofisticadas e grande grade de operários já não servia de alicerce para manter o funcionamento produtivo industrial.

A manutenção preditiva consiste em acompanhar o funcionamento de determinada máquina ou peça, através de medições e análises, podendo determinar sua vida útil e conseqüentemente utilizar toda sua capacidade operacional, evitando paradas desnecessárias para inspeção. Um tipo de manutenção preditiva bastante utilizado na indústria é a análise de vibração, uma vez que toda máquina de certa forma emite vibrações.

Toda máquina por si só gera vibração quando em funcionamento, porém é necessário saber identificar quando esse comportamento está ultrapassando o padrão aceitável, uma vez que com o passar do tempo suas propriedades podem sofrer variações. Porém, como um clichê popular já diz “cada caso, é um caso” uma vez que fazer todo o acompanhamento e análise demanda um grande investimento financeiro.

A análise de vibrações é uma importante ferramenta nos processos de manutenção em máquinas e equipamentos. Com ela, torna-se possível prever e controlar problemas no desempenho de máquinas e equipamentos, assim como identificar peças que precisem ser trocadas. Dessa forma, busca-se elucidar: Qual a eficiência prática da aplicabilidade da análise de vibrações como instrumento de manutenção preditiva em equipamentos em relação a manutenção preventiva?

O objetivo geral do presente estudo visa analisar a eficiência da aplicabilidade de dois diferentes tipos de manutenção em equipamentos mecânicos, suas características e vantagens uma em relação a outra. Tendo com objetivos específicos: Conceituar a análise de vibração, manutenção preditiva e manutenção preventiva; apresentar as principais características da análise de vibração e manutenção preventiva; comparar a aplicação prática da análise de vibração e manutenção preventiva. O atual trabalho trata-se de uma Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva, onde serão utilizados artigos científicos e dissertações publicadas no período de 2012 a 2019 nas áreas de Engenharia Mecânica e áreas complementares. Serão utilizados os bancos de dados Google Acadêmico, Repositório Digital da UFPE, Biblioteca Digital – Universidade de Brasília para composição de base teórica para o presente trabalho.

2. MANUTENÇÕES: CONCEITOS E ANÁLISES VIBRACIONAIS

No cenário atual, onde a indústria tem cada vez mais acelerado seu ritmo de produção para atender a intensa demanda, o setor de manutenção tem buscado cada vez mais

alternativas que solucione potenciais problemas ou defeitos, que porventura, quando não resolvidos, venham a parar a produção, trazendo um gasto financeiro prejudicial para o negócio envolvido. Portanto, muitas vezes se opta pela implantação da manutenção preventiva, que de certa forma chega a se assemelhar com a manutenção preditiva, porém não demanda uma mão de obra específica e monitoramento ordinário. Realizando o comparativo entre a manutenção preditiva (especificamente a análise de vibração, foco deste trabalho) e a manutenção preventiva, será possível esclarecer e determinar suas propriedades e direcionar, ou ao menos facilitar, a tomada de decisão por qual método aplicar.

Através do desenvolvimento tecnológico aplicado à indústria e suas áreas complementares, surgiram as técnicas aplicadas às manutenções de maquinários, visando o monitoramento dos equipamentos, assim como a previsão de falhas que podem vir a ocorrer, trazendo problemas nas linhas de produção e possivelmente grande gasto financeiro com reparação ou reposição de tais equipamentos problemáticos. (HOLANDA, 2016).

Uma das técnicas desenvolvidas é hoje conhecida por Manutenção Planejada, fundamentada na descrição acima. Com o objetivo de encontrar falhas potenciais, a manutenção planejada possui grande importância no setor industrial, visto que através de uma análise capaz de prever possíveis falhas, uma intervenção apropriada antes do problema ser completamente instaurado, pode ajudar a evitar gastos desnecessários com novos equipamentos, assim como evitar danos à produção futura ao qual aquela máquina esteja direcionada. (RIBEIRO, 2019).

Durante a década de 50, houve um grande aumento na mecanização industrial, onde nesse contexto surgiram as primeiras indagações a respeito do tempo de vida útil dos novos equipamentos que estavam surgindo, na história da manutenção, as técnicas criadas nessa época correspondem a segunda geração de tipos de manutenção. Visto que mais gastos seriam dispendidos para troca de maquinários quebrados, planos foram sendo elaborados para a criação de manutenções periódicas capazes de avaliarem possíveis problemas iniciais, e assim terem tempo de resolver antes de se tornarem maiores, assim como preverem o tempo útil dos equipamentos utilizados. Foi assim sendo desenvolvida a hoje chamada de Manutenção Preventiva. (GONÇALVES, 2016).

Já a Manutenção Preditiva corresponde a terceira geração, onde acordo com Ribeiro (2019 apud SLACK, 2008) “visa realizar a manutenção somente quando os equipamentos precisam dela”. Permitindo um maior desempenho, e colaborando para a detecção de variações antes destas levarem a falhas mais comprometedoras no equipamento. Muitas características de um equipamento podem ser avaliadas para averiguar seu estado, sendo a vibração uma das mais utilizadas pelos métodos de análise, e foco do presente estudo.

Por estar presente em diversos equipamentos que possuem elementos rotativos, e ser possível sua comparação direta em diferentes estados de funcionalidade de um equipamento, através da diferença de vibrações que ele emite. Frequências naturais e não naturais podem ser comparadas e assim utilizadas como ponto de investigação, tanto para averiguar a presença de defeitos iniciais, ou problemas já instalados, assim como para intuir o tempo útil de um determinado mecanismo, através de dados comparáveis. (MORAIS, 2016)

Vibrações mecânicas presentes em mecanismos rotativos são uma das melhores

fontes de investigação em manutenções. De acordo com Lima (2014 apud RAO, 2009) um sistema vibratório simplificado se baseia no deslocamento de uma massa suspensa acoplada a uma mola presa a um referencial. A frequência do movimento vibratório pode ser analisada, e comparada em intervalos diferentes, para averiguar a existência de irregularidades, interferência ou defeitos que venham a modificar a vibração correta do equipamento. Silva (2012) propõe que a fadiga devido a níveis fora da normalidade de vibração, podem levar a quebra, e assim desalinhado toda uma linha produtiva.

Tanto a manutenção preventiva como a preditiva, utilizam da análise de vibração como forma de averiguar as condições de um equipamento com mecanismo rotativo. Visto que ambas são consideradas formas de manutenção planejada. De acordo com a NBR 5462 (1994) a manutenção preventiva é realizada periodicamente, e é direcionada para a redução da probabilidade de haver falha ou degradação de um equipamento. Já na manutenção preditiva ou controlada, se tem um sistema de técnicas de análise que visam reduzir tanto a manutenção preventiva, como a manutenção corretiva.

Dentro da manutenção preventiva são realizadas diversos tipos de intervenções, como limpeza, lubrificação e calibração, sempre acontecendo de maneira regular, afim de prevenir algum defeito futuro no equipamento, seja quanto ao desgaste natural, onde a manutenção preventiva entraria como forma de aumentar o tempo de vida do equipamento, ou através de falhas iniciais, onde esta identificaria a falha antes de se tornar algo maior, que acabasse comprometendo todo o funcionamento da máquina, dando espaço para um maior planejamento de correção, e assim evitando que um problema maior se instaurasse, levando à mais gastos inesperados. (HOLANDA, 2016)

Tendo isso em vista, a utilização da análise vibratória como técnica a ser aplicada junto as averiguações periódicas da manutenção preventiva possui grande valia, visto que esta tem a capacidade de perceber falhas iniciais antes mesmo de se tornarem um problema, evitando uma maior logística para a manutenção futura. Juntamente de outras avaliações dentro da manutenção preventiva, permite analisar o rendimento e qualidade dos equipamentos em que essas técnicas são aplicadas. (GONÇALVES, 2016). O comportamento vibratório pode revelar muitos detalhes sobre o funcionamento de um equipamento, como descreve Marques (2019), que seja através de comparações com vibrações normais e anormais, até a detecção de desalinhamento, desbalanceamento, falhas e folgas em rolamentos, problemas nos motores, dentre outros.

Segundo Rao (2009), qualquer movimento que se repita após um intervalo de tempo pode ser denominado vibração. Uma massa suspensa acoplada a uma mola presa a um referencial, que se desloca da sua posição inicial até um limite superior e inferior, retornando a sua posição original é um sistema vibratório simplificado. Este movimento é considerado um ciclo de oscilação completo e o tempo gasto para completar um ciclo é denominado período. A repetição desse movimento é chamada vibração por unidade de tempo e a quantidade de ciclos presentes nessa unidade de tempo é caracterizada frequência de movimento. Silva (2012).

Além destas, podem ser classificadas em linear e não linear, determinísticas e aleatórias. Enquanto a linearidade, pode-se definir a vibração linear como aquela que, como o nome diz, se comporta linearmente, ou seja, de acordo com uma equação do 1º grau ($y=ax$). Qualquer vibração que tenha um componente fora desse padrão, é considerada não linear.

No monitoramento pelas técnicas de vibração, as vibrações das máquinas podem ser medidas externamente, sem abrir ou parar as máquinas. É um método não destrutivo, que dá a possibilidade do diagnóstico das condições de falha, a um custo não proibitivo. E segundo Lenzi (1991), a análise das vibrações é o melhor parâmetro para avaliar as condições dinâmicas, como balanceamento, estabilidade nos mancais, tensões dinâmicas existentes em componentes, e falhas incipientes em rolamentos e engrenagens, além de identificar desalinhamentos entre eixos e tolerância limite de funcionamento. Outro ponto importante é que todos os níveis de vibrações medidos e analisados, podem ser comparados aos limites recomendados pelos fabricantes e/ou por informações da máquina quando nova ou em boas condições de operação.

O excesso de vibração para Viana (2002, p.13) “[...] se constitui frequentemente em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga”. Alves (2009) aponta que dentre as diversas fontes de vibração aquelas mais comuns e que, portanto, podem ser apontadas como as principais causadoras dos problemas das vibrações mecânicas são: Desbalanceamento; Desalinhamento; Folgas Generalizadas; Dentes de Engrenagens; Rolamentos; Corrente Elétrica; Campo Elétrico Desequilibrado; Outros. Para Nascimento (2006) a Análise de Vibração pode ser mensurada como sendo, o processo em que as falhas em alguns elementos móveis de uma máquina ou equipamento, são encontradas através da taxa de variação das forças dinâmicas geradas.

Dentro da manutenção preventiva são realizadas diversos tipos de intervenções, como limpeza, lubrificação e calibração, sempre acontecendo de maneira regular, afim de prevenir algum defeito futuro no equipamento, seja quanto ao desgaste natural, onde a manutenção preventiva entraria como forma de aumentar o tempo de vida do equipamento, ou através de falhas iniciais, onde está identificaria a falha antes de se tornar algo maior, que acabasse comprometendo todo o funcionamento da máquina, dando espaço para um maior planejamento de correção, e assim evitando que um problema maior se instaurasse, levando à mais gastos inesperados. (HOLANDA, 2016)

Tendo isso em vista, a utilização da análise vibratória como técnica a ser aplicada junto as averiguações periódicas da manutenção preventiva possui grande valia, visto que esta tem a capacidade de perceber falhas iniciais antes mesmo de se tornarem um problema, evitando uma maior logística para a manutenção futura. Juntamente de outras avaliações dentro da manutenção preventiva, permite analisar o rendimento e qualidade dos equipamentos em que essas técnicas são aplicadas. (GONÇALVES, 2016).

3. ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

A análise de vibrações é a técnica dominante na manutenção condicionada, a qual permite determinar a condição dos equipamentos, tendo em conta o facto de que os problemas de uma máquina se manifestam através de vibrações ou da alteração da vibração característica.

A manutenção condicionada é uma das formas de organização, que tem o objetivo de obter uma melhor racionalização de meios humanos e técnicos, de forma a reduzir os custos diretos e indiretos relacionados com a manutenção.



A análise de vibrações, enquanto ferramenta da manutenção condicionada, permite uma maior disponibilidade e eficiência dos equipamentos, entre eles, os produtivos, desempenhando um papel fundamental em termos de competitividade da empresa produtora de energia.

Compreende-se o quão importante é implementar uma política de Manutenção eficaz numa empresa, atendendo ao impacto que a Manutenção tem sobre os custos finais de produção de energia. Assim sendo, o recurso a planos de manutenção condicionada e a implementação de técnicas de monitorização de condição estão ligadas a filosofias de manutenção mais sofisticadas. Implicam, portanto, uma equipa de manutenção mais qualificada, um maior nível tecnológico e, necessariamente, custos mais elevados.

No entanto, não podemos ignorar as vantagens apresentadas pela adoção deste sistema de manutenção, como o diagnóstico antecipado, que permite o aprovisionamento de peças de reserva em tempo útil; o controlo efetivo dos stocks, reduzindo o valor das existências em armazém; a possibilidade de planear os trabalhos de manutenção de modo a fazer coincidir as intervenções com os tempos não produtivos; a previsão da degradação de um componente, que permite reduzir a probabilidade de ocorrências de avarias intempestivas; ou ainda o facto de as decisões sobre as intervenções assentarem na análise de dados concretos e não em argumentos subjetivos.

Assim sendo, no final, temos um aumento da fiabilidade e da vida útil dos equipamentos. Antes, porém, de iniciarmos uma análise de vibrações, é necessário conhecer o equipamento que se pretende medir e as circunstâncias em que está a operar, assim como a frequência de funcionamento, o tipo de rolamentos, as frequências das engrenagens, ou seja, é necessário conhecer todo o histórico e as características do equipamento em causa.

Conhecer o histórico de um equipamento torna-se, deste modo, essencial para identificar possíveis defeitos que se manifestam pela subida da amplitude dos valores globais de vibração. A propósito de vibrações, as principais fontes que estão na sua origem são os desequilíbrios, os desalinhamentos, as tolerâncias de montagem, os desenhos dos rolamentos e a sua carga, a lubrificação deficiente e o tipo de montagem do equipamento.

Tendo como principais fontes de vibrações os desequilíbrios, desalinhamentos, tolerâncias de montagem, desenhos dos rolamentos e sua carga, lubrificação deficiente, tipo de montagem do equipamento. Originados por alterações nas condições normais de funcionamento do equipamento, como, por exemplo, a velocidade de rotação, a carga, a temperatura e a pressão.

As vibrações torcionais existem nos motores de combustão interna, devido à aplicação de excitações periódicas que atuam nos componentes responsáveis pela geração de torque, tais como: Árvore de manivelas, bielas, pistões, etc. A componente tangencial da força atuante no pistão exerce uma ação de torção periódica, ora atuando num sentido ora em outro, promovendo as vibrações torcionais. Esse fenómeno pode em alguns casos, gerar deslocamentos angulares de grandes amplitudes, ocasionando falhas estruturais na árvore de manivelas e em outros componentes do motor.

Basicamente, a análise é feita iniciando-se pela obtenção de um modelo discretizado

da árvore de manivelas, o qual deverá possuir características de inércia, rigidez e amortecimento que represente o sistema real da melhor forma possível. Em seguida, devemos calcular o torque de excitação levando-se em conta as forças dos gases gerados pela combustão no interior do cilindro e as forças de inércia. Por se tratar de excitações periódicas, a análise da resposta dinâmica deverá ser feita expandindo-se esse torque em série de Fourier e os deslocamentos serão calculados para cada ordem de vibração.

As amplitudes obtidas podem ser comparadas às obtidas experimentalmente e dessa forma, podemos avaliar estruturalmente o virabrequim, prever e reduzir níveis de ruído, analisar juntas de fixação de volantes, polias, etc.

As vibrações torcionais são geralmente calculadas considerando-se um comportamento uniforme do motor, com pressões de combustão idênticas entre os cilindros. Esta condição é verdadeira apenas no início de operação da máquina, ou sob condições ideais de manutenção do equipamento. Na prática, estas condições dificilmente ocorrem e variações consideráveis no espectro das forças de excitação podem existir, influenciando de forma substancial as vibrações torcionais. Maragonis (2013) realizou uma pesquisa, na qual essas diferenças dos esforços entre os cilindros foram levadas em consideração.

4. CONSIDERAÇÕES

Apesar de uma cultura crescente em manutenção preditiva nas indústrias brasileiras, percebe-se ainda uma carência de uma literatura mais abrangente e com detalhamento mais aprofundado no tema. A maioria das literaturas se baseia no Valor Global de velocidade, o que dificulta na prática a monitoração de máquinas de produção promovendo a não pausa nas atividades industriais.

No entanto, é notável que a análise de vibração consista numa das principais ferramentas para análise de condição de um equipamento. A possível antecipação de falhas eleva a manutenção num outro nível, podendo programar intervenções com mais efetividade, diminuído tempo de reparo e custo.

As análises dispostas acima, tratam de maneira objetiva os diferentes empregos das manutenções aliadas a análise vibracional para melhor entendimento e agilidades das práticas efetivas de manutenção para melhor funcionamento da indústria. As ferramentas que auxiliaram nesse trabalho como, Internet das Coisas, aproximam a empresa no ambiente da indústria.

Isso beneficia o ambiente industrial, pois as pessoas certas são avisadas na hora adequada, com antecedência e os sintomas do equipamento são transmitidos com maior rapidez e fidelidade. A manutenção passa a coordenar melhor as necessidades produtivas com necessidades humanas e interligando com os demais departamentos, conseguindo oferecer soluções mais benéficas.



Referências

- ALMEIDA, R. G. T., VICENTE, S. A. S., Padovese, L. R., **New Technique for Evaluation of Global Vibration Levels in Rolling Bearing COBEM 2001**, *Vibration and Sound*, Vol. 10 pp. 241 _ 248, 2001.
- BLOCH, H. P., GEITNER, F. K., **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**, 2 ed. Texas, Gulf Publishing Company, 1994.
- GONÇALVES, Cirilo Felipe et al. Implantação de um Programa de Manutenção Preventiva com Estudo de Caso em uma Empresa de Beneficiamento de Grãos. *Janus*, v. 13, n. 23, 2016.
- HOLANDA, Sandra Maria Santos. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª ed, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abramam.
- KIRK, R.G., GUNTER, E. J., Short Bearing Analysis Applied to Rotor Dynamics, *Journal of Lubrication Technology*, pp 47-56, Jan. 1976.
- LIMA, Israel Antônio Macedo de. **Proposição de uma bancada didática para análise de vibração em manutenção preditiva**. 2014.
- MARQUES, Ana Claudia; BRITO, Jorge Nei. Importância da manutenção preditiva para diminuir o custo em manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 7, p. 8913-8923, 2019.
- MORAIS, Bruno Emanuel Folgado Bento. **Análise de vibrações a grupos de eletrobombas de uma estação elevatória**. 2016. Tese de Doutorado.
- NASCIMENTO, Rodrigo do. **Manutenção Preditiva usando Análise de Vibração**. **2006.38f**. Dissertação (Graduação) Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Centro Universitário Anhanguera, Faculdade de Pirassununga.
- NEPOMUCENO, Lauro Xavier. **Técnicas de manutenção preditiva-vol. 1**. Editora Blucher, 2014.
- RIBEIRO, Diogo Feitosa. **Eficiência da Análise de Vibração na Detecção de Possíveis Falhas Mecânicas**. 2019.
- SILVA, Bruna Tavares Vieira da. **Bancada para análise de vibração: análise de falhas em máquinas rotativas**. 2012.
- VANCE, J. M., **Rotordynamics of turbomachinery**, 1 ed. Texas, John Wiley & Sons, Inc., 1988
- ZAIONS, Douglas Roberto. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2003.
- ZHOU, S., SHI, J., Active Balancing and Vibration Control of Rotating Machinery: A Survey, *The Shock and Vibration Digest*, v. 33, pp. 361-371, 2001

CAPÍTULO 9

INSTRUMENTOS MEDIDORES DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS E MANUTENÇÃO: ESTUDO TEÓRICO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA POR ANÁLISE DE VIBRAÇÕES

*MECHANICAL VIBRATION MEASURING INSTRUMENTS AND
MAINTENANCE: THEORETICAL STUDY OF PREDICTIVE MAINTENANCE
BY VIBRATION ANALYSIS*

Lucas Nunes Moreno¹

Ana Claudia Silva²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A manutenção preditiva estabelece condições em que se encontram a operação dos equipamentos, bem como o tempo de vida útil e o desgaste destes no decorrer do seu uso. O presente estudo aborda a importância da manutenção preditiva para problemas ocasionados por vibrações e que podem gerar desgastes e avarias. Com intuito de garantir eficiência nos processos industriais, as áreas de manutenção no decorrer dos anos passaram por mudanças necessárias até alcançar o patamar das plantas industriais de hoje. Os equipamentos eram simples, grandes e lentos até a chegada da expansão industrial. Desta forma suscitou a necessidade das indústrias se tornarem mais mecanizadas e seus processos se tornaram mais complexos. Neste contexto, surge a manutenção preditiva, em decorrência da busca pela produtividade e da não aceitação de falhas não programadas de equipamentos. Este estudo analisa os instrumentos medidores que podem ser utilizados na análise de vibrações no âmbito da manutenção preditiva, bem como suas principais contribuições e para enriquecimento bibliográfico, adotou-se uma pesquisa baseada na revisão de literatura. Sendo assim, uma organização que faz uso destes processos, está alinhada com as necessidades em aspectos gerais pois a adoção destas práticas permitem melhorias dos processos, redução de custos, redução de estoques e maior durabilidade dos equipamentos

Palavras-chave: Equipamentos. Indústrias. Processos. Manutenção. Vibrações.

Abstract

Predictive maintenance establishes conditions in which the equipment is operating, as well as its useful life and wear during its use. This study addresses the importance of predictive maintenance for problems caused by vibrations that can cause wear and tear. In order to ensure efficiency in industrial processes, the maintenance areas over the years underwent necessary changes to reach the level of today's industrial plants. The equipment was simple, large and slow until the arrival of industrial expansion. In this way, it raised the need for industries to become more mechanized and their processes became more complex. In this context, predictive maintenance arises, as a result of the search for productivity and the non-acceptance of unscheduled equipment failures. This study analyzes the measuring instruments that can be used in the analysis of vibrations in the context of predictive maintenance, as well as their main contributions and for bibliographic enrichment, a research based on the literature review was adopted. Therefore, an organization that makes use of these processes is aligned with the needs in general aspects, as the adoption of these practices allows for process improvements, cost reduction, inventory reduction and greater durability of equipment.

Keywords: Equipment. industries. Law Suit. Maintenance. Vibrations.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se observado um avanço tecnológico em diversos setores da sociedade. Dentre os beneficiados, o setor industrial é um dos mais privilegiados, pois os recursos estão inseridos no cotidiano dos grandes centros industriais. Diante do aumento na quantidade de recursos, maior se torna a preocupação com o desenvolvimento das atividades realizadas por tais, uma vez que no mundo industrial contemporâneo deve haver a minimização de falhas decorrentes dos processos vibratórios, bem como em detrimento dos danos que essas falhas podem causar – tanto fisicamente e estruturalmente, quanto em termos financeiros – levando os especialistas e técnicos a pensarem métodos que evitem esses acontecimentos.

Os processos precisam ser cada vez mais ágeis e mais eficazes tendo em vista que os custos das atividades do setor industrial elevaram-se, onde os gestores e profissionais da indústria, principalmente, engenheiros, técnicos devem buscar não apenas resultados satisfatórios, mas oferecer produtos e serviços de qualidade, e assim incidir em menores prejuízos para as empresas e organizações. Desta forma, técnicas foram criadas e aprimoradas com o objetivo de monitorar, administrar, o momento exato para a ação da manutenção. “Manutenção Preditiva”, tem como principal diretriz o monitoramento e a predição de falhas, análise de lubrificantes, verificação de trincas, são exemplos de técnicas, no entanto, neste estudo dar-se-á ênfase a análise de vibrações.

Deterioração excessiva, falhas nas estruturas, trincas, lubrificação inadequadas, dentre outros são alguns dos prejuízos que causados nos equipamentos, ocasionados pelas vibrações que são comuns em diferentes tipos de máquinas, estas, por sua vez, devem ser rapidamente identificadas e corrigidas, de modo que sua análise seja realizada previamente, evidenciando as estratégias de manutenção preditiva.

Este estudo permite verificar algumas consequências ocasionadas por vibrações mecânicas em diversificados equipamentos que levaram não apenas os profissionais do campo das engenharias, mas de diferentes campos a buscarem propostas de aprimoramentos mais eficazes para diagnóstico, investigação e manutenção dos recursos acometidos por tal fenômeno.

A relevância desta investigação centra-se no fomento de informações sobre manutenção, em especial, manutenção preditiva aplicada à análise prévia do comportamento vibratório de máquinas e equipamentos, favorecendo assim, seus possíveis diagnósticos e ações preventivas. Nesse sentido, a realização desta pesquisa é além de factível, necessária para o campo da Engenharia Mecânica e áreas correlatas. Além disso, dentre as principais contribuições desta pesquisa é possível ressaltar a geração de novas informações e conhecimentos acerca da análise de vibrações, bem como novas metodologias de manutenção preditiva. Tais conhecimentos são essenciais tanto para os graduandos em Engenharia Mecânica, quanto para os profissionais já inseridos no mercado de trabalho, que lidam diretamente com distintos maquinários, cujas ações de análise e manutenção são fundamentais para a prevenção de acidentes, dentre outros prejuízos.

Desse modo, a presente proposta de pesquisa intenta analisar por vias teóricas como



o planejamento da manutenção preditiva, aliada aos instrumentos de aferição de vibrações que podem reduzir os efeitos desagradáveis do referido fenômeno, em prol da qualidade dos processos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo, pois, parte da familiaridade com o fenômeno, pretende-se analisá-lo de modo a serem gerados novas perspectivas sobre ele, e descritivo, tendo em vista que além de analisar, busca-se descrever os fatos e os aspectos que se relacionam com a temática abordada (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Para a realização deste estudo, far-se-á uso da pesquisa bibliográfica como instrumento de coleta de dados, sendo assim, a pesquisa se debruçará em materiais previamente elaborados, tais como livros, artigos de periódicos do campo das Engenharias, teses, dissertações, bem como a consulta de bases e repositórios de dados, tais como *Scielo*, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, Google Acadêmico, entre outras. Na perspectiva de ter insumos para as discussões da pesquisa e embasá-lo (GIL, 2008).

Desse modo, a pesquisa utilizará como recorte temporal as produções entre 2011 e 2021, ou seja, os últimos dez anos. Para tanto, a pesquisa será realizada nas bases e repositórios acima indicados utilizando os seguintes descritores:

- Vibrações
- Manutenção
- Manutenção preditiva
- Manutenção Preditiva *and/or* Vibrações

Após o levantamento dos dados nos locais de pesquisa definidos, será construído um instrumento de análise, onde serão verificados: os resumos, os sumários, as introduções, as conclusões, bem como outros itens para posterior discussão dos dados.

Será utilizado como abordagem para análise, a abordagem qualitativa. Destaca-se que tal abordagem permite uma análise profunda do fenômeno, levando em consideração aspectos que este está relacionado, bem como requer um conhecimento ainda mais amplo da temática abordada.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Conceitos de Manutenção Industrial

Acredita-se que o conceito de manutenção tenha origem militar, tendo em vista a necessidade de manter pleno tanto os recursos provenientes do ser humano, bem como todo o aparato de equipamentos utilizados antigamente nas armadas e batalhas. Quando se trata do contexto industrial a manutenção ela entra em evidência, os primeiros relatos se tiveram por volta da década de 1950 nos Estados Unidos (PIRES, 2005).

Branco Filho (2006), afirma que a manutenção pode ser compreendida como uma função empresarial, responsável pelo controle intermitente das instalações, bem como todo o arranjo de trabalho relacionado à reparos e revisões cuja função é garantir o pleno funcionamento, a regularidade e o bom estado de conservações destas instalações, serviços, instrumentos, aparatos mecânicos das organizações industriais e demais estabelecimentos.

A manutenção deu largos passos na década de 1940, sobretudo com o avanço da aviação, uma vez que se viu a necessidade de métodos e meios de prevenção, para possíveis problemas que os voos pudessem ser acometidos. A partir da inserção da microeletrônica, o que se entendia até então por manutenção evoluíra, e passa a ser vista como manutenção condicionada, que logo depois passa a ser chamada de preditiva (FARINHA, 2011).

2.2.1.1 Manutenção Preventiva

Segundo Ortiz (2020), a manutenção preventiva é o estágio inicial da manutenção planejada. Permite paradas periódicas com a finalidade de realizar reparos programados. Tem como objetivos a redução de custos, qualidade de produtos, aumento da produção, efeitos no meio ambiente, aumento de vida útil dos equipamentos.

O equipamento deve ser classificado criticamente e, após uma análise detalhada de cada equipamento, deverá ser determinada a vida útil de seus componentes e os custos de manutenção programados e planejados com base nesses dados.

2.2.1.2 Manutenção Preditiva

Segundo Ortiz (2020), os principais objetivos da manutenção preditiva, consistem, primeiramente em possuir a capacidade de determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção em uma peça específica do equipamento, além de permitir a diminuição do número de desmontagens desnecessárias para inspeção. Proporciona também aumento do tempo de disponibilidades dos equipamentos e determina previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

“Para os mecânicos, a manutenção preditiva monitora a vibração da maquinaria rotativa numa tentativa de detectar problemas incipientes e evitar falhas catastróficas. Para os eletricitistas, é o monitoramento das imagens infravermelhas de circuitos, de chaves elétricas, motores, e outros equipamentos elétricos para detectar problemas em desenvolvimento” (ALMEIDA, 2019, p 15.).

Silva (2013, p. 47), ressalta ainda que, “As desvantagens desta manutenção são a necessidade de acompanhamento e inspeções periódicas através de instrumentos específicos de monitoração, e a necessidade de profissionais altamente especializados”. Finda-se que, este tipo é a que oferece melhores resultados, intervindo minimamente na planta.

2.2.1.3 Manutenção Corretiva

É a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes. A manutenção corretiva não planejada, que consiste na correção de falha de maneira aleatória, ou seja, é a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado após a ocorrência do feito. Este tipo de manutenção implica em altos custos, pois a quebra inesperada acarreta perdas na produção. (RAO,2008)

2.2.2 Vibrações: Conceitos e Definições

Para pensar a discussão acerca das contribuições das práticas de manutenção preditiva em vibrações de natureza mecânica, se faz necessário compreender que fenômenos são esses, bem como suas principais características. Segundo Rao (2008), uma série de atividades humanas envolve vibrações, como por exemplo, o ouvido ao expressar os movimentos dos tímpanos, para que se consiga ouvir são necessários processos vibratórios.

Marçal e Santos (2013, p. 25) ressaltam que, a “[...] vibração pode ser definida como um movimento de oscilação de um corpo em torno de sua posição de equilíbrio.” Desse modo, pode-se afirmar que um determinado conjunto mecânico será capaz de expressar vibrações naturalmente, visto se tratar de uma transferência de energia que implicará em vibrações espontâneas. Holanda (2016) complementa, destacando que o processo de vibração envolve oscilações periódicas em volta de um ponto específico, chamado de “ponto de equilíbrio”.

Almeida (2019) é pontual ao destacar que em determinadas situações, as vibrações são tanto indesejadas, quanto capazes de implicar em uma série de prejuízos, tais como a deterioração de maquinários, dentre outros recursos.

Nesse sentido, Holanda (2016) afirma que as vibrações possuem altos índices de criticidade, pois, segundo ele, seus efeitos são catastróficos. O autor, complementa, colocando em evidência a realização de estudos analíticos de vibrações no campo das Engenharias, visando a prevenção de desgastes e falhas nas máquinas. França e Sotelo Júnior

(2013) dialogam com o referido autor, ao ressaltar a necessidade de se eliminar totalmente o fenômeno vibratório nas máquinas.

Almeida (2019, p. 2) assevera que “a análise de vibrações, é um método de manutenção preditiva que tem como objetivo reduzir o tempo de paradas de equipamentos e melhorar sua vida útil.” Além disso, segundo Holanda (2016) é possível mensurar os índices de vibração, o que ele chama de “parâmetros de mensuração”, por sua vez representados em termos específicos, a saber: deslocamento, velocidade e aceleração.

Nesse sentido, Erler (2015) colabora com tal discussão evidenciando os diferentes tipos de medidores de vibração, cujas aferições estão centradas nas grandezas físicas de descolamento, velocidade e aceleração, dando, assim, condições de realizar diagnósticos mais precisos do estado da máquina ou objeto sob investigação no processo de manutenção preditiva.

Na literatura especializada, existem diferentes instrumentos de mediação de vibração. Para fins de conhecimento teórico sobre o assunto, destaca-se os medidores elencados por Erler (2015), dentre eles:

- a) Medidor de Vibração de Nível Global – instrumento capaz de aferir o valor global de vibração – tanto por picos, quanto por RMS – em faixas de frequências demasiadamente extensas. **A Figura 1** representa essa descrição.



Figura 1 -Variante de Medidor Global de Vibrações
Fonte: ERLER (2015)

Maran (2011), elucida que a variante de medição é conhecida como um analisador global, este termo é utilizado por aferir medições que correspondem aos picos detectados em precisão em RMS (rotação por minutos e segundos), existem outros equipamentos mais abrangentes, que fornecem dados bem mais completos, no entanto, esta variante ainda é muito utilizado para verificar defeitos de rolamentos e mancais.

Os autores ainda corroboram evidenciando que com o avanço das novas tecnologias pautadas nas formas aprimoradas de vibração, apresenta-se como exemplo a análise de um motor. Este com sua vibração, qualitativamente especificando a grandeza resultante da aplicação das forças dos sistemas. Isso

requer uma eficiência em coleta de parâmetros, o exemplo acima intensifica basicamente o que o equipamento do *windrock* soluciona, uma coleta mais sucinta e objetiva (MOREIRA; LEARMONTH; HUGHES, 2020, p 10).

Na **Figura 2**, por sua vez, Moreira, Learmonth e Hughes (2020) apontam um dos coletores de vibração mais inovadores, pois através dele é possível armazenar todos os dados da análise de dados coletados, em máquinas de altas rotações, através dos sensores que são considerados acelerômetros de precisão.



Figura 2 - Analisador de Vibração *Windrock*
Fonte: WINDROCK (2021)

Para a Moreira, Learmonth e Hulges (2020), a **Figura 2** apresenta a identificação do aparelho de vibração *Windrock*, que corresponde o processo de análise de vibração mais completo, como relatado anteriormente, ele tem por capacidade a análise e relatos dos parâmetros correspondentes de análises realizadas com o sistema como todo, isso porque é um tipo de analisador moderno que verifica o funcionamento total do motor diesel, tais como: sua força energética, ao detectar a operação total do motor, a operação da bomba de combustível, da eficiência da bomba de óleo do motor diesel, dos cilindros e se os mesmos operam simultaneamente.

Os autores também reforçam essa afirmação através de um exemplo clássico, evidenciado quando uma força de impulso num pêndulo e ele oscila em suas frequências naturais, até que as perdas dissipem a energia do movimento e ele retorne sua posição de repouso. Acrescenta-se que deste modo, o sistema pode responder na mesma frequência da força de excitação, em sistemas lineares, ou em conjunto com suas harmônicas e sub-harmônicas, em sistemas não lineares.

A **Figura 3** apresenta esses dois tipos de vibração e os tipos de excitação com que as forças são aplicadas:

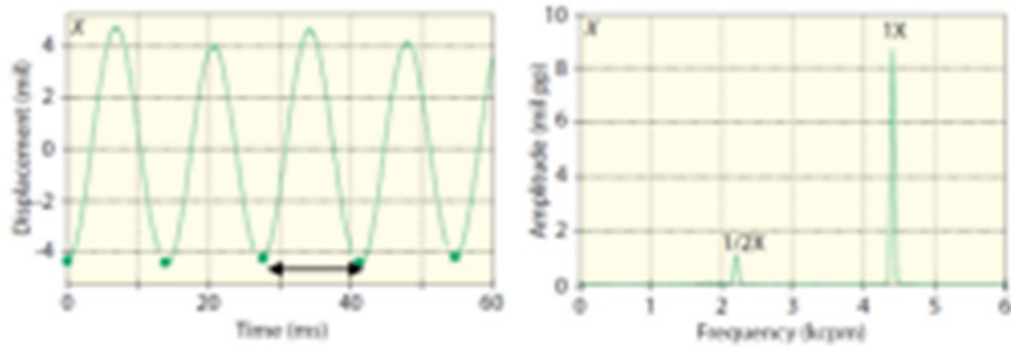


Figura 3- Vibração de uma máquina rotativa.
 Fonte: WINDROCK (2020)

Na figura, Moreira, Learmonth e Hulges (2020) evidenciam que é possível observar os picos harmônicos onde caracterizam os modos de falhas constatada em componentes tais como, desbalanceamento 1x a rotação, desalinhamento 2x a rotação, folga mecânica múltiplas das rotações.

Sendo assim, realizando a coleta de dados das vibrações do motor possibilita-nos analisar de forma abrangente os espectros, subtemde-se que a vida útil do equipamento é efetiva ou analítica corretiva. É através dos respectivos indicadores que o processo de levantamento de análise de dados é realizado, porém, é de suma importância a excelência da inspeção, pois é durante ela que são vistas as devidas falhas ou mesmo a utilidade do equipamento (MOREIRA; LEARMONTH; HULGES, 2020, p, 6.)

A MMTEC INSPEÇÕES INDUSTRIAIS (2002) elenca algumas vantagens da análise de vibração como método de manutenção preditiva está na detecção de futuras falhas como:

- a. Rolamentos deteriorados;
- b. Defeitos nas engrenagens;
- c. Acoplamentos desalinhados;
- d. Rotores desbalanceados;
- e. Eixos deformados;
- f. Folgas estruturais
- g. Folgas internas
- h. Correias

2.2.2.1 Preditiva e seus Avanços Tecnológicos

Os processos industriais avançam, principalmente no que tange a manutenção e seus afins, a preditiva para TOTVS (2020), tem um papel determinante na continuidade das operações de manufatura. A indústria 4.0, tem como consistência as suas inovações de processos e seus procedimentos, visto que nela é particularmente importante, porque as fábricas tendem a trabalhar duro para atender a muitas necessidades. Por exemplo, a necessidade em cumprir cronogramas de fornecimento rígidos. As indústrias precisam ser altamente eficazes nos seus processos. Qualquer falha na produção irá interferir na capacidade de atendimento da demanda, afetando toda a cadeia de suprimentos e consumidores finais.

Sendo assim, Dynamox (2021) enfatiza o sensor ou acelerômetro que é responsável pela captura de todas as ramificações de vibração, que resultam na leitura de análise de vibração, velocidade, aceleração e *PK Wiell* (ranger que detecta danificações em rolamento e engrenagem). **A Figura 4** apresenta o sensor e suas características de funcionamento.

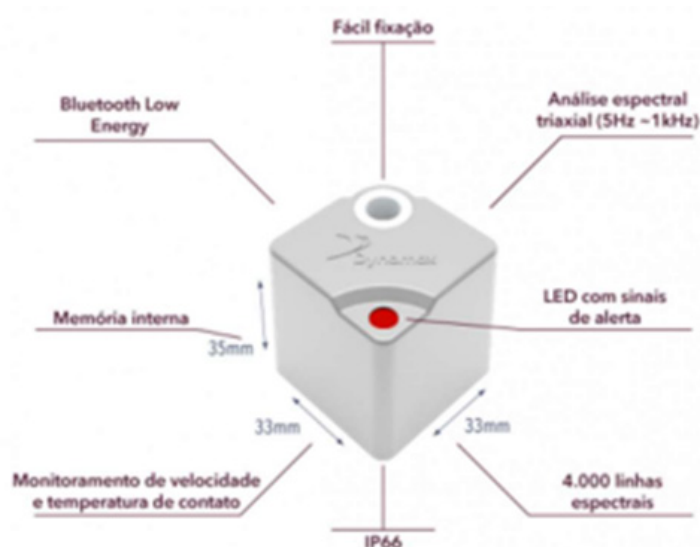


Figura 4 - Sensor *Dynamox*
Fonte: DynaLogger HF(2021)

Dynamox (2021) acrescenta que através deste novo procedimento é possível capturar através do sensor que fornece ondas de espectros, onde são instalados componentes, máquinas e elementos de máquinas para distinguir possíveis falhas, assim sendo determina-se o Dynamox.

Segundo Kardec (2009, p 273) o "sensor de vibração é um dispositivo mecatrônico capaz de transformar o movimento associado ao processo vibratório em um sinal de vibração, permitindo desta forma a sua medição, monitoração e análise". O sensor absoluto também chamado "acelerômetro piezoelétrico" é um transdutor sísmico, no qual o usuário fica livre para escolher o parâmetro de medição de vibração desejado: aceleração, velocidade ou deslocamento, desde que o instrumento medidor de vibração possua circuitos integradores, que transformam sinais proporcionais à aceleração do movimento vibratório em sinais proporcionais à velocidade e ao deslocamento.

2.2.3 Comparativos e aplicações

A análise de vibração se classifica como um dos métodos da manutenção preditiva, pois objetivo é conhecer o estado do equipamento. “Máquinas se movem, os esforços internos produzem vibração das suas partes. Todas as máquinas vibram, uma análise dessa vibração pode, quase sempre, nos dizer se uma máquina está em bom estado ou não e qual é o defeito”. (AFFONSO, 2002, p. 270).

Para enaltecer esta pesquisa busca-se na literatura estudo de caso apresentado pela Empresa Dynamox, empresa brasileira localizada na cidade Florianópolis, Santa Catarina, empresa de alta tecnologia que desenvolve sistemas de monitoramento e aquisição de dados de vibração e temperatura. Apresenta-se que:

Em 18 de janeiro de 2022, através do monitoramento de sensores identificaram uma quebra de parafusos da tampa do cárter do britador SANDVIK CH660. Britadores como toda máquina de alta rotação são bem complexos no quesito monitoramento, devido à alta vibração e por sua operação. Sendo assim, comumente é recorrente apresentar avarias e deficiências. Uma das principais causas de defeitos encontrados é a deficiência de lubrificação e de peças que estão em processo de deterioração, desta forma, precisam-se de peças pois com a vibração elas se desgastam. Em virtude dessa situação e visando buscar antecipar a falha causadora da quebra dos parafusos da tampa do cárter do britador SANDVIK CH660, a equipe de preditiva da Mina de Conceição da Vale optou por instalar sensores da Dynamox para acompanhar a evolução e tendência de funcionamento do equipamento por meio do prognóstico de falha da solução Dynamox. Durante o processo de britagem a alta vibração gera um esforço no cárter (recipiente metálico que protege e assegura a lubrificação de certos mecanismos), fazendo com que os parafusos da tampa se avariem, tendo como resultado a queda do componente, por essa situação acaba-se gerando uma parada não programada do ativo. Através de testes de monitoramento e da utilização desta ferramenta foi possível a detecção de falhas e ocorrências que possibilitaram uma ação corretiva no equipamento e a equipe resolveu estender a aplicação para os demais britadores desta unidade (DYNAMOX, 2021).

Diante desta aplicação real evidencia-se que, as indústrias comumente trabalham com equipamentos de alta performance e que se apresentarem falhas, conseqüentemente prejuízos inevitáveis. Desta forma, a análise de vibração apresenta-se como a principal ação de manutenção preditiva e é uma aliada para detectar se peças e máquinas estão correndo risco de quebras, avarias ou defeitos. Com os avanços tecnológicos através de sensores essas ferramentas se tornam mais precisas e eficientes, e a mão de obra humana torna-se mais qualificada e com bons resultados, além de inibir paradas inesperadas e evitando grandes custos as companhias.

3. CONCLUSÃO

Este trabalho permitiu constatar que a manutenção industrial tem se tornado cada vez mais importante e com avanço tecnológico seu valor aumentou ainda mais e por este motivo se tornou um investimento valioso para as organizações. Diante disto, diversas



estratégias foram traçadas com objetivo de tornar processo de execução do serviço de manutenção mais efetivo.

Diante do exposto, fez-se necessário o entender os tipos de manutenção. Onde a manutenção corretiva, como o próprio nome sugere, visa corrigir imediatamente problemas que dificultam o funcionamento normal das máquinas e equipamentos e que podem causar sérios danos e tem como característica a não programação. A manutenção preventiva, por sua vez, dotada de estratégias planejadas com objetivo de monitorar e controlar que são empregadas para amenizar ou impedir determinadas falhas. E por fim, como objeto de estudo, a manutenção preditiva, que leva em consideração as condições reais dos equipamentos através de coleta de dados e dispõe de técnicas utilizadas para o monitoramento, dentre as quais, destaca-se a análise de vibração.

Em virtude dos fatos mencionados, verificou-se que as empresas que têm altos níveis de produção, é imprescindível que trabalhem com a manutenção preditiva, pois podem evitar paradas acidentais, descartar peças desnecessárias e determinar o tempo exato para substituição. É importante frisar que na ausência desta ferramenta, os riscos de acidentes são maiores, quebras e por consequência, parada na produção são constantes ocorrências e principalmente baixa qualidade dos produtos. A análise de vibração faz medições constantes que evitam estes problemas.

Para se atingir uma compreensão dessa realidade, todos os objetivos a que este estudo foi proposto, foram cumpridos, pois os instrumentos medidores de vibrações, bem como seus benefícios, características, classificações e tipologia foram apresentados. Além do destaque da importância da manutenção nas indústrias, com ênfase a manutenção preditiva e suas contribuições para as organizações que dela fazem uso.

Por fim, o modelo abre espaço para novas descobertas e para possibilidade de abordagens e investigações futuras.

Referências

- AFFONSO, L. O. A. **Equipamentos mecânicos: Análise de falhas e Soluções de Problemas**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2002.
- ALMEIDA, Gustavo Rangel de. **Sistema de baixo custo para monitoramento de vibração**. Volta Redonda: UniFOA, 2019. 15 p.
- BRANCO FILHO, Gil. **Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006. 290 p. ISBN 9788573935455.
- DYNAMOX, Soluções Criativas. **Quais segmentos que gastam mais com manutenção de máquinas industriais**. Ind4.0, 11set.2018. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/16472-quais-segmentos-gastam-mais-com-manutencao-de-maquinas-industriais>. Acesso em: 28 abr.2022.
- ERLER, Vinicius. **Notas de análise de vibrações**. São Mateus: IFES, 2015. 25 p.
- FARINHA, José Manuel Torres. **Manutenção: a Terologia e as novas ferramentas de gestão**. Lisboa: Monitor, 2011. 216 p. ISBN 9789729413827.
- FRANÇA, Luis Novaes Ferreira; SOTELO JUNIOR, José. **Introdução às vibrações mecânicas**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2013.

- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- HOLANDA, Sandra Maria Santos. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto**. 2016. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2009. 384 p. ISBN 978-85-7303898-9.
- MARAN, Marcos. **Manutenção baseada em condição aplicada a um sistema de ar-condicionado como requisito para sustentabilidade de edifício de escritórios**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- MARÇAL, Rafael Almeida; SANTOS, Ronaldo Lisboa dos. **Medição, análise e controle de vibração em máquinas industriais: estudo de caso em uma empresa de grande porte do setor madeireiro**. Ponta Grossa: UTFPR, 2013. 68 p.
- MMTEC, Inspeções Industriais. **Manutenção Preditiva e a importância da análise de vibração**. Itumbiara – Go.2020 Disponível em: <https://www.mmtec.com.br/manutencao-preditiva-e-a-importancia-da-analise-de-vibracao-2/> Acesso em: 04 abr.2022.
- MOREIRA, Luiz.; LEARMONTH, Glyn; HUGHES. **Técnicas Preditivas e Análise Econômica aplicadas na gestão de ativos para Motores Alternativos/15Mar. 2020**.
- ORTIZ, Mauricio S. **Manutenção Preditiva automação industrial/ 2020**.
- PIRES, Fernando Andrade. **A Importância da Manutenção na Gestão dos Sistemas Produtivos**. 45 f. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005. Disponível em: www.em.ufop.br/cecau/monografias/.../FERNANDO%20ANDRADE%20PIRES.pdf. Acesso em: 20 abr. 2022.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho científico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.
- RAO, Singiresu S. **Mechanical Vibrations**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- SILVA, Fábio do Nascimento. **Manutenção planejada para a redução de falhas e defeitos que ocorrem em equipamentos de uma empresa de energia elétrica**. 139 f. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de PósGraduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013. Disponível em: www.ufpa.br/ppgec/data/producaocientifica/Fabio.pdf. Acesso em: 29 abr. 2022.
- TOTVS, equipe. **Indústria 4.0: afinal, você sabe realmente o significado?** Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0-saiba-o-real-significado/> 17dez.2018. Acesso em: 04 abr.2022
- PROSYST, Sistemas. **Case Polyex – Avanço na Indústria 4.0 com o ERP Prosyst e SKA SYNECO**. Disponível em: <https://www.prosyst.com.br/blog/manutencao-planejada-o-que-e-quais-os-tipos-e-beneficios/>. Acesso em :20 set.2022

CAPÍTULO 10

LEAN MANUFACTURING APLICADO À GESTÃO DA MANUTENÇÃO

LEAN MANUFACTURING APPLIED TO MAINTENANCE MANAGEMENT

Erasmu Vitor dos Santos Caldas¹

Lucas Cueva²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Visando combater cada vez mais os desperdícios gerados nos processos produtivos e de manutenção, a fim de promover a melhoria contínua, a manufatura enxuta ou Lean Manufacturing é utilizada em várias empresas no mundo. 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 aplicável aos processos de gestão da manutenção e que propiciou melhores ritmos de trabalho com o nivelamento dos serviços de manutenção; redução dos estoques; redução no número de paradas não planejadas para manutenção corretiva.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*, Gestão da manutenção, Desperdícios

Abstract

Aiming to combat more and more the waste generated in the production and maintenance processes, in order to promote continuous improvement, lean manufacturing or Lean Manufacturing is used in several companies in the world. 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 bibliographic research analyzing the information that was collected. With the results obtained, it will be possible to show that the use of this management system contributes to cost reduction, 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, Lean Manufacturing is emphasized as it is applicable to maintenance management processes and has provided better work rhythms with the leveling of maintenance services; reduction of inventories; reduction in the number of unplanned downtime for corrective maintenance.

Keywords: Lean Manufacturing, Maintenance management, Waste



1. INTRODUÇÃO

O termo manutenção é usado para abordar a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, cuidando de suas instalações físicas. Porém, o setor de manutenção industrial é responsável pela acumulação excessiva de materiais, inutilização de itens que estimulam a desorganização e geração de vários outros tipos de desperdícios, tais como: retrabalhos, superprodução, movimentações e transportes desnecessários

Visando combater cada vez mais os desperdícios gerados nos processos produtivos e de manutenção, a fim de promover a melhoria contínua, a manufatura enxuta ou *lean Manufacturing* é utilizada em várias empresas no mundo, destacando organizações de grande porte, como a Toyota, que colabora para a difusão do conhecimento da filosofia de produção enxuta.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá abordar sobre as a ferramenta *lean manufacturing* visando 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 ao combater os desperdícios gerados nos processos produtivos e de manutenção, a melhoria continua tem a finalidade de promover a manufatura enxuta ou *lean manufacturing* que é utilizada em várias empresas no mundo, que se destacam entre as organizações de grande porte. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: 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.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma pesquisa bibliográfica Gil (2002, p. 45) observa que a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente.

Gil (2002, p.45) cita ainda que "a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais

ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente”.

Quanto à técnica de pesquisa, o levantamento e coleta de dados ocorreram através da documentação indireta com pesquisa bibliográfica, por acreditar que as fontes secundárias, levantada por meio da referida técnica proporcionou os subsídios necessários para realização da pesquisa. Todo o material levantado foi criteriosamente analisado para que pudesse ser incluído na pesquisa

A pesquisa envolveu os anos entre 2010 a 2019, as bases de dados consultadas foram Google Acadêmico e Scielo. Essa pesquisa gerou 25 trabalhos entre artigos, livros, monografias destes, após uma análise dos resumos, selecionou-se 10 autores mais citados na pesquisa para compor os resultados desse trabalho.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Características de Manutenção

A manutenção, de acordo com o dicionário Aurélio apud Xenus (2015), é definida como medidas necessárias para a conservação de uma condição ou de cuidados técnicos que sejam fundamentais para o funcionamento regular e permanente de motores e máquinas. A manutenção, segundo Viana (2010), está presente na sociedade humana desde milhares de anos, pois até mesmo uma simples e arcaica ferramenta necessitava dela para manter sua utilização por um tempo maior.

Para Marx (2011), através da manufatura clássica, onde seu início é datado em meados do século XVI até o final do século XVIII, que é caracterizada pela obtenção de produtos via divisão da produção entre vários funcionários, que isoladamente executam suas funções parciais e exclusivas, colaborando, cada um, para uma totalidade chamada produto. Essa nova forma de trabalho possibilitou treinamentos para operações e manutenções mais simples em cada etapa. Com isso, houve um aumento da produtividade, da qualidade dos produtos e o lucro das empresas.

De acordo com Viana (2010), após o advento da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade aumentou ano após anos sua capacidade de produção, produzindo equipamentos mais complexos, sofisticados, exigindo cada vez mais o conserto e a conservação dos equipamentos para garantir o bom estado de funcionamento daqueles no sistema produtivo.

Para atender determinadas demandas ou planejamentos das áreas de produção, a manutenção pode ser apresentada sobre diversas configurações que incluem, basicamente, a corretiva, preventiva, preditiva e autônoma. Xenus (2015) afirma que a manutenção corretiva ocorre após uma falha, que deve ser estudada para identificar as causas fundamentais bloqueando-as e evitando a reincidência.

Pinto e Xavier (2012) definem a manutenção corretiva como àquela que atua para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado. Além disso, o autor classifica

a manutenção corretiva como: não planejada (que corrige a falha de maneira aleatória) e planejada (que é a correção do desempenho para patamar inferior ao esperado).

Segundo Viana (2010), a manutenção corretiva, conhecida no ambiente industrial como “apaga incêndio”, é aquela que atua de forma a corrigir uma falha que inviabiliza ou possa inviabilizar o funcionamento de um instrumento da produção. Como a falha ocorreu de forma aleatória, não programada, aquele tipo de manutenção ocorre de tal sorte a evitar grandes perdas de produção, acidentes ambientais e do trabalho.

Viana (2010) cita que para uma melhor atuação no combate e correção da falha, consiste na disponibilidade de peças de reposição bem como da disposição de todo ferramental adequado ao serviço de manutenção que deve ser organizada previamente para o combate à falha.

Xenus (2015) afirma que a manutenção preventiva é aquela que ocorre periodicamente, via inspeções, reformas e trocas de peças antes da ruptura, falha ou limite de vida do equipamento. Ela deve ser a atividade principal e obrigatória nas empresas, e para o seu sucesso, procedimentos padronizados e treinamentos adequados necessitam ser definidos pelos gestores da manutenção. Pinto e Xavier (2001) definem a manutenção preventiva como aquela que visa evitar a falha ou queda de rendimento, seguindo planejamento em intervalos definidos de tempo.

Xenus (2015) afirma que a manutenção preditiva visa aperfeiçoar as trocas das peças ou reformas dos componentes da produção. A preditiva, normalmente, é feita de forma mais sofisticada e com auxílio de ferramentas de melhor precisão. As ferramentas típicas da manutenção preditiva incluem segundo Viana (2010): o ensaio por ultrassom, que identifica defeitos e descontinuidades internas dos materiais; a análise de vibrações, que permite identificar esforços que resultam em fadiga, desgaste e na queda da resistência do material; análise de óleos e lubrificantes que impactam em desgastes; e por fim via termografia, que realiza sensoriamento remoto de pontos das superfícies que possuem anomalias indesejadas.

Para Xenus (2015), a manutenção autônoma surge com o desenvolvimento da Gestão pela Qualidade Total (GQT), onde o tempo de funcionamento dos equipamentos deve ser cada vez maior. Essa manutenção é caracterizada pela percepção de anomalias de um equipamento durante a produção, onde o operador realiza inspeções visuais, lubrificações e limpezas conforme sua experiência e treinamento. Dessa forma, uma anomalia pode ser identificada rapidamente, colaborando para uma manutenção mais efetiva entre os operadores e gestores da manutenção.

Viana (2012) diz que a manutenção autônoma vale o lema: “Da minha máquina cuido eu”, que o operador utiliza para zelar do maquinário, do qual ele possui responsabilidade direta. Ademais, o operador executa serviços desde limpeza, lubrificação até serviços de análises que visam à melhoria da atividade de manutenção.

Fogliatto (2019) afirma que na medida em que o operador fica mais experiente, na execução da manutenção autônoma, passa a executar tarefas mais complexas, que incluem: melhorias nos equipamentos, evitando a geração de resíduos (sujeiras, cavacos, etc.) que agridem o meio ambiente; elaboração de manuais, padrões e treinamentos para

inspeção, limpeza, lubrificação, manuseio e fluxo de materiais, registro de dados. Todos os tipos manutenções acima devem ser estudos, caso a caso, nas empresas, a fim de identificar qual será o mais eficaz em processos de produção e de manutenção.

A manutenção é uma combinação de ações técnicas, incluindo as de verificação, destinadas a manter ou reparar um bem de um equipamento, para que possa desempenhar a sua função.

Kardec et al., (2018) define manutenção como “Garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a que um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com fiabilidade, segurança e custos adequados”. Segundo Marçal (2014) a manutenção existe para que um equipamento desempenhe as funções para as quais foi projetado tendo em conta que o envelhecimento cria um desgaste nos seus órgãos.

A manutenção pode desempenhar uma função importante na melhoria da produção, melhorando a sua organização e evitando problemas relacionados entre os vários departamentos das empresas, deixando de ser um mal necessário (MARÇAL, 2014). Existe uma procura de melhorar os resultados e a redução de custos, para se sobreviver num mundo que está em constante mudança. Para isso todos os departamentos, como a manutenção, deveriam fazer parte da estratégia das empresas, para estarem diretamente ligadas à qualidade dos produtos.

Segundo Faria (2014) o principal objetivo de uma empresa é a obtenção de lucro, diferença entre ganhos e despesas, os departamentos que geram ganhos são os da produção e marketing, e os departamentos da manutenção e compras são responsáveis pelas despesas. Devido a estes factos as direções das empresas não dão o devido valor, sobretudo à manutenção. O plano de manutenção é citado por Kardec et al., (2018) como “pensar e agir estrategicamente, para que a atividade da manutenção se integre de maneira eficaz ao processo produtivo, contribuindo, efectivamente, para que as empresas caminhem num rumo ao bom sucesso empresarial”

Segundo Kardec et al., (2018) no tempo em que se vive, o departamento de manutenção não deve ser considerado como o que realiza as manutenções, mas sim deve trabalhar com um processo de desenvolvimento, de planos de manutenção para que os equipamentos não avariem. O departamento de manutenção deve ser considerado como parte dos processos estratégicos

Nascif (2013), da necessidade de se alcançar resultados cada vez melhores, as funções básicas dos diversos setores das empresas, devem prever a gestão da manutenção eficaz como função estratégica das organizações, pois é responsável pela disponibilidade dos ativos e é de importância na participação do capital das empresas.

Santos (2012), o gerenciamento consiste em alcançar metas enquanto Nascif (2013) diz que gestão é processo de condução simultânea de estabilização da rotina e implementação de melhorias. Neste contexto o planeamento e controle da manutenção (PCM) surge como forma de aplicar a gestão da manutenção.

O planeamento e controle da manutenção segundo Souza (2018), já bastante difun-



dido na Europa e EUA, começou a ganhar destaque no Brasil a partir 1990, para o autor Costa (2013), atualmente, a função manutenção possui a mesma importância da função produção, no sentido de planejar e buscar os objetivos propostos por uma empresa, através da colaboração e interligação dos vários níveis organizacionais, avaliando as criticidades dos processos e propondo procedimentos adequados.

Reis (2019) afirma que o PCM é atividade processual, que visa coordenar de forma eficiente todos os recursos envolvidos na manutenção, de forma a atender as suas principais demandas, mantendo o perfeito funcionamento das máquinas, visando a melhoria dos processos. Além disso, a manutenção exerce a função de informar o desempenho e características do equipamento visando o planejamento da produção, potencializando a capacidade produtiva.

Para Viana (2010), o planejamento e controle da manutenção (PCM) surgem para garantir a confiabilidade e disponibilidade dos ativos a fim de aperfeiçoar os recursos da manutenção, e com o aumento das tecnologias e programas de qualidade, recursos humanos, produtos competitivos e um eficaz plano de manutenção dos ativos de produção são fundamentais para o PCM, que possui o papel de controlar, organizar e melhorar estes recursos, deixando para a manutenção o papel de cuidar dos ativos e instrumentos.

O planejamento, programação e controle, para Souza (2018), possuem procedimentos que se seguem em: definição de cronograma quanto à organização dos serviços, tarefas, operações; definição das técnicas, ferramentas adequadas bem como a disponibilidade dos mesmos; definição dos responsáveis pelos serviços planejados. Ademais, a programação visa estabelecer as datas de início e término das atividades, identificando os responsáveis pelo projeto e suas etapas bem como determinar atuação de especialistas no projeto.

Para Souza (2018), conforme os autores supracitados indicam o controle deve seguir as diretrizes que incluem: confrontar e calcular os resultados obtidos com os planejados; definir a documentação técnica e dos custos; mapear máquinas e equipamentos obsoletos.

2.2.2 Qualidade na manutenção

Juran (2015) cita a função qualidade como o conjunto das atividades que visa à adequação ao uso, não importando em que parte da organização essas atividades são executadas.

Para Deming (2017), a qualidade implica em atender as necessidades dos clientes de modo a não representar luxo, onde as expectativas dos clientes podem gerar a um produto ou serviço a perspectiva de valor, que consiste na combinação de qualidade, entrega e custo.

Para Ferreira (2014), a qualidade é condição de algo que as distingue das outras e determina sua natureza, representa superioridade, excelência de algo. Além disso, a qualidade pode ser entendida como um produto ou serviço que possui características tais que

atendem às expectativas das pessoas.

Xenus (2015) relata que quanto maior a qualidade sentida pelo cliente, tempo de entrega cumprido adequadamente e menores valores de custo, maior será o valor atribuído ao serviço, que é foco da manutenção, ou produto. Além da qualidade, entrega e custo, a qualidade total possui em suas dimensões o moral, que visa atingir os empregados com oportunidade de melhor remuneração e melhor ambiente de trabalho, e a segurança, que visa o não ocorrer de acidentes aos clientes externos, internos e empregados de uma organização.

Xenus (2015) diz que com o desafio de atender as demandas da produção, a gestão da qualidade total visa garantir a sobrevivência da empresa via elaboração de bens e serviços adequados aos objetivos de qualidade da empresa, a fim de que todas as partes administrativas da empresa, planejamento, compras, vendas, manutenção, assistência técnica, etc., possam trabalhar em coordenação para que o sucesso atinja a todos os setores. E nesse contexto, a manutenção tem influência significativa nos impactos, que incluem: custos, rotina e qualidade na empresa.

Xenus (2015) explica que para atingir uma boa gestão da manutenção alguns princípios básicos necessitam ser obedecidos que são: atender os anseios dos clientes; conhecer bem empresa e seus objetivos; tomar decisões baseadas em prioridades; executar contramedidas visando, não mais, sua reincidência; sair do escritório e observar os problemas inerentes ao processo produtivo; atuar preventivamente e ter a noção de que a qualidade se faz durante o processo; na ocorrência de uma falha, atuar imediatamente contra ela; respeitar os colegas de trabalho como seres humanos promovendo um ambiente agradável para todos.

2.2.3 *Lean Manufacturing* e o Pensamento Enxuto

O Lean Manufacturing (manufatura enxuta) surge do desenvolvimento da manufatura clássica no Século XI apontados por Marx (1988), e até os dias atuais muitos processos e atividades de manutenção foram aperfeiçoados com a utilização de diversas metodologias e ferramentas. Incluem-se nesse contexto, destacadamente, a filosofia da melhoria contínua – Kaizen, 5S, as ferramentas just in time – JIT, produção Kanban, nivelamento – Heijunka, automação – Jidoka. Todos os exemplos citados serão abordados nos próximos capítulos do trabalho.

Para Ohno (2017), o *Lean Manufacturing* visa eliminar todas as atividades, que demandam tempo, custo e que não agregam valor ao produto. O autor ainda diz que todo desperdício é o sintoma e não a causa raiz do problema. Ademais, na manufatura enxuta devem-se eliminar desperdícios e manter empregos. A manutenção dos empregos garante a melhoria contínua, proporciona a troca de experiências entre os funcionários, que se desenvolvem à medida que interagem com o meio produtivo.

Segundo Santos (2019), a manufatura enxuta surge como uma forma de identificar e eliminar desperdícios inerentes ao processo produtivo. Busca-se, então, como o próprio autor destaca o corte do excesso “gordura” das atividades de produção. Nesse contexto



Ferraz (2016) destacam-se sete desperdícios que são:

- a) superprodução: consiste em se fabricar excessivamente ou em tempo muito anterior ao necessário, gerando grandes estoques. Como consequência, na produção de grandes lotes, os defeitos não são detectados de forma imediata;
- b) espera: inclui o tempo ocioso dos trabalhadores em executar uma tarefa, uma peça que demora a chegar ou entrar em uma linha de produção/manutenção, que poderá aumentar o tempo de processamento da mesma devido a não coordenação das informações a fim de que elas possam chegar aos interessados no momento exato e com o devido detalhamento;
- c) transporte: é dito quando a movimentação das pessoas e peças está exagerada, ou seja, quando as melhores rotas, as mais curtas, e de menor tempo não foram contempladas. Espera-se que, uma avaliação da planta de uma empresa seja feita como forma de planejar um transporte mais eficiente, que não gere perda de combustível e tempos ociosos de pessoas e peças;
- d) processamento: ocorre naturalmente nas linhas de produção ou de manutenção, caso os procedimentos e escolha de peças para reparo e produção não forem adequados;
- e) movimento: implica no deslocamento maior, que não agrega valor a empresa, do que o necessário do trabalhador ou de máquinas. Por vezes, um ambiente de trabalho desorganizado obriga ao trabalhador perder tempo e energia para executar sua função devido aos deslocamentos feitos dessa maneira errada (demorada);
- f) produzir itens/produtos defeituosos: contribui para perda de valor na empresa. Com isso, o tempo de preparação do item defeituoso poderá implicar em prejuízos milionários em uma empresa. Entende-se que, um serviço mal executado poderá gerar falhas ao processo incorrendo em paradas inesperadas na produção;
- g) estoque: se dá quanto há armazenamento excessivo de matéria-prima e de produtos, o que gera um aumento do custo de manutenção dos mesmos. Além disso, o espaço ocupado por esses itens em excesso poderia ser utilizado para outros fins que pudessem gerar valor à empresa.

Segundo Ferreira (2014) kaizen é interpretado como a melhoria contínua do homem, no lar, na vida social, tanto quanto na melhoria nos processos de produção, manutenção e administrativos. No local de trabalho, significa melhoria contínua envolvendo a todos, desde gerentes até funcionários, que deverão trabalhar de forma cooperativa entre ambos.

A melhoria contínua para Santos (2019) é baseada na colaboração de todos os funcionários da empresa. Essa metodologia ganhou destaque após os japoneses desenvolvê-la, à qual se deu o nome de *Kaizen*, que visa atingir a melhoria via revolução do trabalho e/ou através de pequenos benefícios diários que contribui para um todo.

2.2.4 As contribuições e restrições do sistema Lean para os processos de trabalho das organizações

A ideia central contida no sistema de produção enxuta está na composição de um mercado saturado em relação ao consumo. Preço competitivo é condição imperativa. Para preservar a competitividade, as empresas tendem a planejar e otimizar seus custos, com o propósito de atender a diversificação do mercado global e as necessidades estabelecidas pelos seus clientes (LUSTOSA, 2018).

Diante disso, o sistema Lean possui três características fortes que servem de apoio na sua distinção de outros sistemas produtivos, são elas: o planejamento efetivo das tarefas, o controle que garante a execução correta do plano e a inspeção que fiscaliza o alcance das metas e padrões estabelecidos para cada tipo de produto (SHINGO, 2016).

Liker (2015) assegura que o Lean é como um organismo que tem sua própria existência. Sua cultura visa uma contribuição muito importante para o desenvolvimento contínuo e fortalecimento dos negócios, proporcionando as organizações alternativas para gerar valor agregado junto ao cliente, sociedade e economia. Sua missão visa contribuir para o crescimento intelectual dos empregados, a partir da perfeição do aprendizado contínuo, da criatividade e do trabalho em grupo, embora esses esforços exijam um alto comprometimento tanto da parte administrativa como operacional (HEIZER; RENDER, 2011).

A implementação do sistema proporciona produtividade flexível e maleável a mudanças com a integração de ferramentas e técnicas de gestão mais eficazes (MARTINS; LAUGENI, 2017). Além do mais, para Shingo (2016) reduz-se o ciclo de produção pela via da produção em pequenos lotes, minimizando o tempo de preparação de materiais, estruturando a sincronia de peças para que os ciclos subsequentes possam atingir os prazos e atender as demandas de pedidos, trazendo mais flexibilidade para os processos.

Liker (2015) pontua que o Lean é brilhante em sua execução, contudo adverte que se não for bem implementado poderá gerar um ônus, pois o mesmo é basicamente estruturado por uma filosofia de eliminação de perdas e mudanças da cultura organizacional. Pois se premissas básicas não forem absorvidas por toda a empresa, tornarão o método ineficiente. Caso também não seja planejado meticulosamente, os resultados poderão ser inexpressivos, o que demanda à empresa conhecer suas fraquezas, saber a necessidade de seus clientes e desenvolver sua cadeia de valor como um todo (LUSTOSA, 2018).

Nessa condição, são vários os fatores que agem contra o sistema Lean, degradando e desmotivando aqueles que querem aplicá-lo: insatisfação com seu trabalho, pensamento negativo em relação a novas ideias e técnicas de produção, falta de responsabilidade dentro do local de serviço, falta de planejamento das tarefas da planta de produção, descarte das ideias do sistema e da cultura proposta pelo mesmo (MARTINS; LAUGENI, 2017).

Para Heizer e Render (2011) nem todas as áreas e processos da organização podem conseguir benefícios com o Lean. Devido a este fato é de grande importância estudar a necessidade da empresa e verificar os objetivos de sua adoção para não frustrar as expectativas e contaminar todo o projeto. Inclusive, afirma Liker (2015) que o sistema ao ser implantado gera uma insegurança e ansiedade nos empregados por lidarem com algo novo, ainda não dominado e entendido. Portanto, são importantes a realização de treina-

mentos e a adoção de uma comunicação eficiente em toda empresa, nivelando informações e minimizando as resistências ante o novo.

Não se pode negligenciar também, conforme explica Shingo (2016), que o sistema visa eliminação de desperdícios e minimização do tempo de processos. A potencial filosofia do Lean passa para os empregados que a produção enxuta intensifica uma forte eliminação de processos, o que leva rapidamente a uma suspeita de que as pessoas igualmente serão dispensáveis, se tornem 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.

Quadro 1: Trabalhos selecionados que apresentaram relação com o tema

| Autores/Ano | Título |
|----------------------|---|
| XENUS (2015) | Gerenciando a manutenção produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. |
| VIANA (2010) | PCM: Planejamento e controle da manutenção |
| KARDEC (2018) | Manutenção: função estratégica |
| MARÇAL (2014) | Gestão da Manutenção |
| SOUSA (2015) | Identificação das habilidades enxutas: um estudo exploratório em uma atividade de troca rápida de ferramentas |
| SANTOS (2012) | Otimizando a produção com a metodologia LEAN. |
| LUSTOSA (2018) | Planejamento e controle da produção |
| SHINGO (2016) | O sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção |
| LIKER (2015) | O modelo toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo |
| FERREIRA (2014) | Análise da implantação de um sistema de manufatura em uma empresa de autopeças. |
| NASCIF (2013) | A importância da Gestão na Manutenção ou Como evitar "armadilhas" na Gestão da Manutenção. |
| PINTO; XAVIER (2012) | Manutenção: função estratégica |

Fonte: Adaptado de Marçal (2014)

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 um estudo de Viana (2010) afirma que o PCM é atividade processual, que visa coordenar de forma eficiente todos os recursos envolvidos na manutenção, de forma a atender as suas principais demandas, mantendo o perfeito funcionamento das máquinas, visando a melhoria dos processos. Além disso, a manutenção exerce a função de informar o desempenho e características do equipamento visando o planejamento da produção, potencializando a capacidade produtiva.

Para Kardec (2018), conforme o autor supracitado indica o controle como deve seguir as diretrizes que incluem: confrontar e calcular os resultados obtidos com os planejados; definir a documentação técnica e dos custos; mapear máquinas e equipamentos obsoletos.

Marçal (2014) indica que por ser estratégica, a gestão de manutenção tem como objetivo: alcançar e sustentar uma confiabilidade nas atividades de execução; monitorar e avaliar o desempenho dos ativos considerando seus ciclos de vida; gerir os custos inerentes à manutenção.

Sousa (2015) diz a manufatura enxuta surge como uma forma de identificar e eliminar desperdícios inerentes ao processo produtivo. Busca-se, então, como o próprio autor destaca o corte do excesso "gordura" das atividades de produção.

Santos (2012) fala que a disseminação da produção enxuta elevou as organizações a um novo padrão de desempenho, com novas exigências tecnológicas de gestão, volume de produção de peças e componentes com uma qualidade adequada aos produtos.

Lustosa (2018) afirma que garanti a confiabilidade e disponibilidade dos ativos a fim de aperfeiçoar os recursos da manutenção, e com no aumento das tecnologias e programas de qualidade, recursos humanos, produtos competitivos e um eficaz plano de manutenção dos ativos de produção são fundamentais para o PCM, que possui o papel de controlar, organizar e melhorar estes recursos, deixando para a manutenção o papel de cuidar dos ativos e instrumentos.

Shingo (2016) destacou que a definição de cronograma quanto à organização dos serviços, tarefas, operações; definição das técnicas, ferramentas adequadas bem como a disponibilidade dos mesmos; definição dos responsáveis pelos serviços planejados.

Nos estudos de Liker (2015) buscou-se entender que a necessidade de se alcançar resultados cada vez melhores, as funções básicas dos diversos setores das empresas, devem prever a gestão da manutenção eficaz como função estratégica das organizações, pois é responsável pela disponibilidade dos ativos e é de importância na participação do capital das empresas.

Ferreira (2014) afirma que a manutenção industrial é responsável pela acumulação excessiva de materiais, inutilização de itens que estimulam a desorganização e geração de vários outros tipos de desperdícios, tais como: retrabalhos, superprodução, movimentações e transportes desnecessários.

Nascif (2013) diz que gestão é processo de condução simultânea de estabilização da rotina e implementação de melhorias. Neste contexto o planejamento e controle da ma-

nutenção (PCM) surge como forma de aplicar a gestão da manutenção.

Pinto e Xavier (2012) explicam que essa manutenção é caracterizada pela percepção de anomalias de um equipamento durante a produção, onde o operador realiza inspeções visuais, lubrificações e limpezas conforme sua experiência e treinamento.

3. CONCLUSÃO

Por meio de revisão bibliográfica e estado do conhecimento, o presente trabalho buscou avaliar a contribuição do *Lean Manufacturing* aplicado à gestão da manutenção.

Após vários acessos a fontes de busca, percebeu-se que a aplicação da manufatura no setor de manutenção ainda é pouco explorada se comparada ao grande número de pesquisas publicadas a respeito do *Lean Manufacturing* nos processos de produção, onde muitas vezes ao debruçar sobre o assunto, vários autores tendem a fazer uma abordagem mais direcionada às linhas de produção para geração de bens de consumo em detrimento às atividades de manutenção.

Como a manutenção envolve a prestação de serviços a clientes internos (setor de produção) e clientes externos (pessoas físicas, etc.), a aplicação do *Lean Manufacturing* possibilita várias melhorias no setor de manutenção, que carece de metodologias específicas para coordenar e difundir metodologias efetivas de redução de desperdícios.

Como observado no estado de conhecimento, pequenos ajustes e planejamentos inspirados na filosofia *Lean* alcançam resultados expressivos nas organizações conferindo dentre outros fatores, serviços com melhor qualidade e tempo de entrega ao cliente.

A utilização da metodologia da manufatura é utilizada nas empresas de forma fragmentada, como podemos observar na pesquisa do estado de conhecimento, as empresas utilizam algumas ferramentas do *Lean* para alcance de seus objetivos.

Tem-se que, o *Lean Manufacturing* é aplicável aos processos de gestão da manutenção e que propiciou melhores ritmos de trabalho com o nivelamento dos serviços de manutenção; redução dos estoques; redução no número de paradas não planejadas para manutenção corretiva; redução dos desperdícios; ganhos de produtividade; ganhos econômicos; melhor capacitação, elevação da motivação e satisfação dos funcionários, que representam fator principal para promover a melhoria contínua nas empresas, corroborando para o sucesso na aplicação do *Lean Manufacturing* a processos de gestão da manutenção nas empresas.

Referências

- COSTA, M. A. **Gestão estratégica de manutenção**: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia de Produção–Universidade Federal de Juiz de Fora. UFJF, Minas Gerais, 2013. 103 f.
- DEMING, W. E. **Qualidade**: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Saraiva, 2017.
- FERREIRA, F. P. **Análise da implantação de um sistema de manufatura em uma empresa de auto-peças**. Taubaté: UNITAL, São Paulo, 2014. 178f.:il.
- FERRAZ, 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, J. G. de Aguiar. **Administração da manutenção**. Edgard Blücher. 2014
- FOGLIATTO, F. S. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de operações**: bens e serviços. 5. ed. São Paulo: LTC, 2011.
- JURAN, J. M. **Juran planejando para a qualidade**. São Paulo: Editora Pioneira, 2015
- KARDEC, A et al., **Manutenção**: função estratégica. Qualitymark.2018
- 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.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2007.
- MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. Tradução de Regis Barbosa e Flávio R. Kothe. 3. Ed. São Paulo: Nova Cultura, 2011.
- MARÇAL, R. F. **Gestão da Manutenção**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção (PPGEP). 2014.
- NASCIF, J. **A importância da Gestão na Manutenção ou Como evitar “armadilhas” na Gestão da Manutenção**. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção 2005, Revisado 2013.
- 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, 2012.
- REIS, R. A. **Tempos de Resfriamento e Aquecimento**: Repercussão no desempenho da manutenção na indústria siderúrgica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019
- SANTOS, J. **Otimizando a produção com a metodologia LEAN**. Coleção Hemus Produção. São Paulo: Editora Leopardo, 2012, 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.l 16 n.3, p. 32-42, set. 2015.
- VIANA, H. R. G. **PCM**: Planejamento e controle da manutenção. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Qualimarck, 2010.
- XENUS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. Belo Horizonte: Editora DG, 2015

CAPÍTULO 11

UMA ANÁLISE SOBRE A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

*AN ANALYSIS OF THE IMPORTANCE OF MAINTENANCE MANAGEMENT
SYSTEMS IN INDUSTRIAL PROCESSES*

Marcelino Mendes Machado¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O gerenciamento de manutenção é uma abordagem ordeira e sistemática de estrutura administrativa, financeira e técnica para avaliar, planejar, organizar, monitorar e avaliar atividades de manutenção e operação e seus custos em uma base contínua. Um bom sistema de gerenciamento de manutenção, aliado a uma equipe de manutenção e operação capacitada, pode prevenir problemas de saúde e segurança e danos ambientais; produzir uma vida útil mais longa com menores paradas e tempo de inatividade; e resultam em menores custos operacionais, maior produtividade e lucratividade e maior qualidade de vida. Este trabalho tem como objetivo geral discutir a importância dos sistemas de gestão da manutenção na indústria. Diante disso, os sistemas de gestão da manutenção possuem relevância quanto a temática explorada, pois consolida as capacidades de integração da manutenção de forma sistemática, promovendo diminuição de custos por meio de softwares e técnicas de controle da manutenção. De acordo com a bibliografia levantada, no contexto dos sistemas existentes, a melhoria pode ser alcançada especialmente na definição de objetivos estratégicos, no sistema de indicadores para medir o desempenho da manutenção e na implementação de um sistema de informação. No nível tático e operacional, seria útil desenvolver um sistema de planejamento de manutenção vinculado a fornecedores e clientes e utilizar métodos e modelos matemáticos para otimizar os planos para esta atividade empresarial.

Palavras-chave: Indústria. Manutenção. Gestão Preditiva. Processos Industriais.

Abstract

Maintenance management is an orderly and systematic approach of administrative, financial and technical structure to evaluate, plan, organize, monitor and evaluate maintenance and operation activities and their costs on an ongoing basis. A good maintenance management system, combined with a skilled maintenance and operation team, can prevent health and safety problems and environmental damage; produce a longer life with less downtime and downtime; and result in lower operating costs, higher productivity and profitability, and higher quality of life. This work has the general objective to discuss the importance of maintenance management systems in the industry. In view of this, maintenance management systems are relevant regarding the theme explored, as it consolidates the maintenance integration capabilities in a systematic way, promoting cost reduction through software and maintenance control techniques. According to the bibliography surveyed, in the context of existing systems, improvement can be achieved especially in the definition of strategic objectives, in the system of indicators to measure maintenance performance and in the implementation of an information system. At the tactical and operational level, it would be useful to develop a maintenance planning system linked to suppliers and customers and to use mathematical methods and models to optimize plans for this business activity.

Keywords: Industry. Maintenance. Predictive Management. Industrial processes.



1. INTRODUÇÃO

As atividades de manutenção estão relacionadas com o reparo, substituição e manutenção de componentes ou algum grupo identificável de componentes em uma fábrica, de modo que possa continuar a operar em uma "disponibilidade" especificada por um período especificado. Assim, o gerenciamento de manutenção está associado à direção e organização de vários recursos, de modo a controlar a disponibilidade e o desempenho da unidade industrial em um determinado nível. O gerenciamento de manutenção é responsável pelo funcionamento suave e eficiente da planta industrial e ajuda a melhorar a produtividade. Também ajuda a manter as máquinas / equipamentos em suas melhores condições de operação. Assim, a manutenção da planta é uma função de serviço importante e inevitável de um sistema de produção eficiente.

A gestão da manutenção tem como objetivo implantar ferramentas de controle de manutenção corretiva, preventiva e preditiva, oferecendo aos clientes um equipamento confiável, que não deixem mão de obra ociosa em sua produtividade. O tema proposto possui sua importância não apenas por ser recorrente, mas também por ser uma área que está em constantes transformações e surgimento de novas tecnologias de restauração que geram impactos diretamente no crescimento da indústria. Assim sendo, a pesquisa possui uma ampla relevância, pois a partir da identificação dos problemas é possível desenvolver uma melhor compreensão com as soluções tecnológicas disponíveis já que existem diversas técnicas que podem ser aplicadas em uma única situação.

Com o mercado cada vez mais exigente e focado na produtividade e confiabilidade nas máquinas e equipamentos, olha-se para o sistema interno das empresas e questiona-se como os sistemas de gestão de manutenção pode ser aplicada para diminuição do tempo de manutenção aumentando assim a produtividade?

O objetivo geral do trabalho é discutir a importância da gestão da manutenção na indústria. E apresenta os seguintes específicos: Descrever a concepção histórica da manutenção em indústrias; conhecer os tipos de manutenção e suas vantagens; apontar a importância da Gestão da Manutenção em máquinas na indústria.

O desenvolvimento abordou sobre o histórico do uso da manutenção industrial, os benefícios e as vantagens advindas da manutenção industrial e a importância da manutenção em máquinas industriais.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de literatura, tendo como finalidade a realização de uma abordagem de trabalhos e materiais outrora explorados, mencionando os avanços ocorridos acerca do assunto abordado contribuindo assim, para um importante processo de produção de conhecimento, investigação e análise de uma temática.

O local para realização desse estudo referiu-se às bases de dados científicas. Para investigação, realizou-se um levantamento da produção científica relacionado à gestão de manutenção de sistemas nas seguintes bases de dados: *Scientific Electronic Library Online* – SciELO, Google acadêmico e Periódicos Capes. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos vinte anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Gestão Industrial; Manutenção; Estratégias de Manutenção.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da década de 1980, a planta e os sistemas se tornaram cada vez mais complexos, as demandas do mercado competitivo o mercado e a intolerância ao tempo de inatividade aumentaram, e os custos de manutenção continuaram a subir. Ao longo com as demandas por maior confiabilidade a um custo menor, surgiu uma nova consciência dos processos de falha, técnicas de gestão melhoradas e novas tecnologias para permitir uma compreensão da máquina e saúde componente (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

Há o impulso para a aceitação dos custos do ciclo de vida, que reconhece que o design e a construção de uma planta devem ser agrupados com o custo de manutenção contínuo e o custo final de desmantelamento e eliminação. Empresas de manufatura e produção estão sob intensa pressão para atingir a máxima eficiência. Os vencedores serão vistos - assim nos dizem, aqueles que maximizar seu investimento em ativos de pessoas e equipamentos para alcançar a maior lucratividade (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

No Reino Unido, em meados dos anos 90, foi criado o Institute of Asset Management. De ativos atualmente, a administração está recebendo toda a atenção da maioria das organizações com a criação de novos departamentos dedicados à sua implementação - sem dúvida haverá um período de exploração e evolução à medida que se desenvolve e se torna compreendido. Ele fornecerá um meio de integrar as muitas partes aparentemente não relacionadas em um todo que fornecerão a mudança para um modelo estratégico coeso (VERRI, 2007).

As falhas não críticas são aquelas que não provocam estes efeitos. As falhas em equipamentos podem representar grandes perdas econômicas e humanas, apresentando em muitos casos, comprometimentos significativos para a imagem institucional das empresas. Considerando-se a criticidade dos equipamentos, é importante identificar a maneira como os equipamentos falham e realizar uma priorização explícita baseada em fatores econômicos, operacionais e de segurança para identificação das tarefas de manutenção (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

Andrade (2002) diz que se constitui pela busca de conhecimentos sobre a gestão da manutenção industrial através de pesquisa, observação, análise, classificação e interpretação dos dados coletados. É ainda descritiva, por buscar meios de prescrever uma abordagem através da junção de melhores práticas de manutenção. O objetivo geral da manutenção é manter o nível de produção ideal no menor nível possível custo sem comprometer o processo industrial a Engenharia de manutenção é uma área onde os conceitos de engenharia são aplicados para atingir este objetivo através de análises de criticidade, análises de manutenção e desenvolvimento de programas de manutenção A função



de manutenção de engenharia é garantir que os problemas sejam identificados e que as ações apropriadas são tomadas quando os problemas ocorrem (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

Os objetivos e requisitos de manutenção devem ser claramente identificados antes de iniciar projeto, e pode basear-se em requisitos de autoridade, base de projeto, custos de ciclo de vida (LCC), estratégia de manutenção e experiência operacional (KARDEC, 2009). Avaliação das soluções de design dentro da engenharia de manutenção é focada principalmente em garantir a manutenção adequada. Aspectos tais como manuseio de materiais, acesso a equipamentos, preparação, necessidade de recursos e ambiente é considerado importante no processo de design.

A partir dos anos 50, com a reconstrução da indústria após a guerra, particularmente as do Japão e Alemanha, lá desenvolveu um mercado muito mais competitivo; houve crescente intolerância de inatividade. O custo do trabalho tornou-se cada vez mais significativo levando a mais e mais mecanização e automação.

Pode muito bem continuar sendo necessário que as empresas aprendam a se tornar confiável em vez de transplantar métodos de melhoria e ferramentas para a empresa como sugerido por o modelo da DuPont. As empresas têm que descobrir a "verdade essencial" da confiabilidade e levar isso conhecimento e know-how em suas práticas de engenharia, manutenção e operações. Empresas com manutenção verdadeiramente eficaz e operações de alta confiabilidade são poucas e distantes entre si (KARDEC, 2009).

A evolução tecnológica em equipamentos de produção, uma evolução contínua que começou no século XX, foi tremendo. No início do século XX, as instalações eram pouco ou não mecanizadas, tinham design simples, trabalhavam em configurações independentes e muitas vezes tinham um considerável excesso de capacidade. Não surpreendentemente, hoje em dia as instalações são altamente automatizadas e tecnologicamente muito complexas. Muitas vezes, essas instalações são integradas a linhas de produção tamanho certo em capacidade (ANDRADE, 2002).

As instalações não só se tornaram mais complexas, como também se tornaram mais críticas termos de confiabilidade e disponibilidade. A redundância é considerada apenas para casos muito críticos. Por exemplo, uma bomba em uma instalação de processo químico pode ser considerada muito crítico em termos de riscos de segurança. Além disso, o equipamento embutido de características como design modular e padronização são consideradas em ordem para reduzir o tempo de inatividade durante a manutenção corretiva ou preventiva (ANDRADE, 2002).

Tradicionalmente, cinco tipos de manutenção foram distinguidos, que são diferenciados pela natureza das tarefas que eles incluem: Manutenção corretiva: O conjunto de tarefas é destinado a corrigir os defeitos encontrados nos diferentes equipamentos e que são comunicados ao departamento de manutenção pelos usuários do mesmo equipamento (MOUBRAY, 1996). Manutenção preventiva: Sua missão é manter um nível de serviço determinado em equipamentos, programando as intervenções de suas vulnerabilidades no momento mais oportuno. É usado para ser um personagem sistemático, ou seja, o equipamento é inspecionado mesmo que não tenha dado nenhum sintoma de ter um problema (MONCHY, 1987).

- a) **Manutenção preditiva:** Busca conhecer e relatar constantemente o status e a capacidade operacional das instalações, conhecendo os valores de certas variáveis, que representam tal estado e capacidade operacional. Para aplicar esta manutenção, é necessário identificar variáveis físicas (temperatura, vibração, consumo de energia, etc.). Qual variação é indicativa de problemas que podem estar aparecendo no equipamento. Essa manutenção é a mais técnica, pois requer recursos técnicos avançados e, em momentos de forte conhecimento matemático, físico e / ou técnico (TAVARES, 2005).
- b) **Manutenção periódica (TBM):** a manutenção básica do equipamento feita pelos usuários do mesmo. Consiste em uma série de tarefas elementares (coleta de dados, inspeções visuais, limpeza, lubrificação, parafusos de reaperto, ...) para os quais nenhum treinamento extensivo é necessário, mas talvez apenas um breve treinamento. Este tipo de manutenção é baseado no TPM (Total Productive Maintenance) (MONCHY, 1987). Essa divisão de tipos de manutenção tem a desvantagem de que cada equipamento precisa de uma mistura de cada um desses tipos de manutenção, de modo que não podemos pensar em aplicar um deles a um equipamento específico.

Assim, para um determinado motor, cuidaremos da lubrificação (manutenção preventiva periódica); se for necessário, mediremos as vibrações ou a temperatura (manutenção preditiva), também podemos nos qualificar para um ajuste anual (revisão geral) e repararemos as falhas (manutenção corretiva) (TAVARES, 2005). A mistura mais adequada destes tipos de manutenções nos ditará razões estritas ligadas ao custo de perdas de produção em uma parada que equipamento, o custo de conserto, impacto ambiental, segurança e qualidade de um produto ou um serviço, entre outros (XENOS, 1998).

A desvantagem, portanto, da divisão anterior é que ela não é capaz de dar uma resposta clara a essa questão: Qual é a manutenção que deve ser aplicada a cada um dos equipamentos que compõem uma determinada planta? Para responder a essa pergunta, é conveniente definir o conceito de Modelos de Manutenção. Um Modelo de Manutenção é uma mistura dos tipos anteriores de manutenção em certas proporções e responde adequadamente às necessidades de um equipamento específico (MOUBRAY, 1996). Acreditamos que todos os equipamentos precisarão de um mix diferente de diferentes tipos de manutenção, um conjunto específico de tarefas, para que os modelos de manutenção sejam tantos quanto os equipamentos existentes. Mas isso não é totalmente correto. 4 dessas misturas podem ser claramente identificadas e podem ser complementadas com dois tipos de tarefas adicionais (MONCHY, 1987).

Cada um dos modelos apresentados abaixo inclui vários dos tipos anteriores de manutenção na taxa indicada. Além disso, todos eles incluem duas atividades: inspeções visuais e lubrificação. Isso porque é demonstrado que a realização dessas tarefas em qualquer equipamento é lucrativa (MOUBRAY, 1996). Mesmo no modelo mais simples (Modelo Corretivo), em que virtualmente o equipamento é deixado sozinho e nós não lidamos com ele até que uma falha ocorra. É aconselhável observar pelo menos uma vez por mês, lubrificá-lo com produtos adequados às suas características. Inspeções visuais praticamente sem custo (essas inspeções serão ser incluído em um intervalo onde temos que olhar para outro equipamento próximo, por isso não significa que temos que alocar recursos especificamente para essa função) (TAVARES, 2005).

Esta inspeção nos permite detectar falhas em um estágio inicial e sua resolução geralmente será mais barata assim que for detectada. A lubrificação é sempre rentável. Embora represente um custo (lubrificante e mão-de-obra), geralmente é tão baixo que é mais do que garantido, já que um mau funcionamento devido à falta de lubrificação sempre envolverá uma despesa maior do que a correspondente à aplicação de lubrificante. Com esta observação, já podemos definir os vários modelos de manutenção possíveis (MONCHY, 1987). O modelo corretivo é o mais básico, e inclui, além de inspeções visuais e lubrificação mencionadas anteriormente, o reparo de avarias decorrentes. Ele é aplicado, como veremos, a equipamentos com o menor nível de criticidade, cujas falhas não são um problema, econômica ou tecnicamente. Neste tipo de equipamento não é rentável para dedicar mais recursos e esforços (TAVARES, 2005).

Inclui as atividades do modelo anterior e também este modelo realiza uma série de testes que determinarão uma ação subsequente. Se depois do teste descobrimos uma anomalia, agendaremos uma intervenção; pelo contrário, se tudo estiver correto, não agiremos no equipamento. Este modelo de manutenção é válido em equipamentos não muito utilizados, ou para equipamentos que apesar de serem importantes no sistema de produção a probabilidade de falha é baixa (MOUBRAY, 1996).

O modelo sistemático inclui um conjunto de tarefas que realizaremos, não importa qual seja a condição do equipamento, também realizaremos algumas medições e testes para decidir se realizaremos outras tarefas de maior magnitude e, por fim, repararemos as falhas que surgirem (MONCHY, 1987). É um modelo amplamente utilizado em equipamentos de média disponibilidade, de alguma importância no sistema de produção cujas falhas causam alguma ruptura. É importante notar que os equipamentos sujeitos a um modelo de manutenção sistemática não precisam ter todas as suas tarefas com um cronograma fixo. Apenas um equipamento com este modelo de manutenção pode ter tarefas sistemáticas que são executadas independentemente do tempo em que foram operadas ou do estado dos elementos em que ele opera (MOUBRAY, 1996).

É a principal diferença com os dois modelos anteriores em que executar uma tarefa de manutenção deve ser algum sinal de falha. Um exemplo de equipamento submetido a este modelo de manutenção é um reator descontínuo, no qual as tarefas que devem reagir são introduzidas de uma vez, a reação ocorre e, em seguida, o produto da reação é extraído antes de se fazer uma nova carga. Independentemente de o reator ser duplicado ou não, quando a operação deve ser confiável, justifica-se uma série de tarefas, independentemente de quaisquer sinais de falha terem surgido. Outros exemplos: O trem de pouso de uma aeronave O motor de uma aeronave (MONCHY, 1987).

Modelo de manutenção de alta disponibilidade é o modelo mais exigente e exaustivo deles. É aplicado a esse equipamento que, sob nenhuma circunstância, pode sofrer avaria ou mau funcionamento. Estes são equipamentos para os quais também são exigidos níveis muito altos de disponibilidade, acima de 90%. A razão para tal alto nível de disponibilidade é geralmente alto custo na produção devido a uma falha. Com uma demanda tão alta, não há tempo para parar o equipamento se a manutenção o exigir (corretivo, preventivo, sistemático) (MOUBRAY, 1996).

Para manter este equipamento é necessário o uso de técnicas de manutenção preditiva que nos permitam conhecer o status do equipamento quando estiver funcionando, e paradas programadas, o que supõe uma revisão completa, com frequência geralmente

anual ou superior. Esta revisão substituirá, em geral, todas as peças sujeitas a desgaste ou probabilidade de falha ao longo dos anos (peças com vida útil inferior a dois anos). Essas revisões são preparadas com antecedência e não precisam ser exatamente iguais todos os anos (MONCHY, 1987).

Como neste modelo a manutenção corretiva não está incluída, ou seja, o objetivo deve ser zero falhas neste equipamento; geralmente não há tempo para tratar adequadamente dos problemas que ocorrem, sendo desejável em muitos casos reparos provisórios rápidos que manterão o equipamento funcionando até a próxima revisão. Portanto, a Revisão Anual deve incluir a resolução de todos os reparos provisórios que tiveram que ser feitos durante todo o ano (MOUBRAY, 1996). Turbina de produção de energia fornos de alta temperatura, onde uma intervenção significa resfriamento e reaquecimento do forno, resultando em gasto de energia e perdas de produção associadas a ele. Equipamento rotativo funcionando continuamente Depósitos de reator ou tanques de reação não duplicados que são a base da produção e devem ser mantidos em operação o maior número de horas possível (XENOS, 1998).

Ao projetar o plano de manutenção, deve-se levar em conta duas considerações importantes que afetam alguns equipamentos em particular. Em primeiro lugar, alguns equipamentos estão sujeitos a normas legais que regulam sua manutenção, forçando-os a realizar determinadas atividades com uma frequência estabelecida (TAVARES, 2005). Em segundo lugar, algumas das atividades de manutenção não podem ser realizadas com o equipamento de manutenção regular (próprio ou contratado), porque requer conhecimento e / ou recursos específicos que são de responsabilidade do fabricante, distribuidor ou equipe de especialistas (XENOS, 1998). Esses dois aspectos devem ser avaliados ao tentar determinar o modelo de manutenção que devemos aplicar a um equipamento. Alguns equipamentos estão sujeitos a regras ou regulamentos pela Administração (MOUBRAY, 1996).

Acima de tudo, existem equipamentos que são perigosos para as pessoas ou para o meio ambiente. A Administração exige a realização de uma série de tarefas, testes e inspeções, e algumas delas devem ser realizadas por empresas devidamente autorizadas a realizá-las. Essas tarefas devem necessariamente ser incorporadas ao Plano de Manutenção do equipamento, qualquer que seja o modelo que você decida aplicar (MONCHY, 1987). Alguns dos equipamentos sujeitos a este tipo de manutenção são: Equipamentos e dispositivos sob pressão, Instalação de alta e média tensão, Torres de refrigeração, Certos elevadores: serviço ou pessoas, Veículos, Instalações de Prevenção de Incêndios, Tanques de armazenamento de determinados produtos químicos (TAVARES, 2005).

Quando se fala de um especialista, nos referimos a um indivíduo ou a uma empresa especializada em um equipamento específico. O especialista pode ser o fabricante do equipamento, o serviço técnico do importador ou uma empresa especializada em um determinado tipo de intervenção (TAVARES, 2005). A manutenção preventiva pode ser definida como "uma estratégia de manutenção de equipamentos baseada na substituição ou restauração de um ativo em um intervalo fixo, independentemente de sua condição. Tarefas de restauração agendadas e tarefas de substituição são exemplos de tarefas de manutenção preventiva (MOUBRAY, 1996).

A manutenção preventiva (ou manutenção preventiva) é basicamente um tipo de manutenção feita em intervalos regulares enquanto o equipamento ainda está funcionan-



do com o objetivo de evitar falhas ou reduzir a probabilidade de falha (TAVARES, 2005). A manutenção preventiva pode ser baseada no tempo, ou seja, toda semana, todo mês ou a cada três meses. Mas a manutenção preventiva também pode ser baseada no uso, e. a cada 150 ciclos, a cada 10.000 horas ou como o seu carro: serviço a cada 10.000 km (MONCHY, 1987). Manutenção baseada em tempo refere-se a substituir ou renovar um item para restaurar sua confiabilidade em um tempo, intervalo ou uso fixo, independentemente de sua condição. Isto é o que Moubray chama de tarefas de Restauração Programada ou Descarte Agendado em seu livro RCMII (TAVARES, 2005).

Limito o uso dessa frase porque, por algum motivo, as pessoas chegam à conclusão de que outra manutenção não está programada. Quando, na verdade, é claro que toda a manutenção deve ser programada através do nosso Horário Semanal. A única exceção seria a Manutenção de Emergência, que devido à sua própria natureza de requerer atenção imediata, não pode ser agendada (MOUBRAY, 1996).

A finalidade da manutenção baseada no tempo é proteger-se contra a falha de peças de desgaste conhecidas que têm Tempo Médio entre Falhas (MTBF) previsíveis, ou seja, a Manutenção Baseada no Tempo presume que a falha está relacionada à idade e que uma vida útil clara pode ser determinada. Ou, simplesmente, não vale a pena avaliar a condição e uma substituição baseada no tempo é mais econômica e ainda (razoavelmente) efetiva (MONCHY, 1987).

A importância de um programa de manutenção eficaz não pode ser negligenciada porque desempenha um papel tão importante na eficácia da fabricação Lean. Como na saúde pessoal seguro de assistência, a manutenção pode ser considerada o cuidado de saúde de nossas máquinas de fabricação e equipamento. É necessário reduzir efetivamente o desperdício e executar uma operação eficiente e contínua. Operação de manufatura, negócios ou operação de serviços. O custo da manutenção regular é muito pequeno quando comparada com o custo de uma quebra importante, quando não há produção (MONCHY, 1987).

O objetivo principal da manutenção regular é garantir que todos os equipamentos necessários a produção está operando a 100% de eficiência em todos os momentos. Através de pequenas inspeções diárias, limpeza, lubrificação e pequenos ajustes, problemas menores podem ser detectados e corrigidos antes de se tornarem um grande problema que pode encerrar uma linha de produção. Um bem (ALMEIDA, 2000). O programa de manutenção exige participação e apoio de toda a empresa por parte de todos do alto executivo ao pessoal da fábrica. O custo real de uma máquina é, por vezes, difícil de medir. Uma pesquisa recente mostrou que o custo de uma quebra de máquina é mais do que apenas o trabalho de manutenção e materiais para fazer o reparo. Uma pesquisa recente mostrou o custo real de um colapso entre quatro a quinze vezes os custos de manutenção. Quando a avaria causa a produção para parar, os custos são muito altos porque nenhuma peça está sendo produzida (CAMPOS, 1992).

O propósito da manutenção autônoma é desenvolver operadores para poder cuidar de pequenos trabalhos de manutenção no equipamento que eles usam para manutenção tão especializada que as pessoas podem se concentrar atividade de valor agregado e reparos técnicos (CAMPOS, 1992). O mundo da manutenção com as modernas tecnologias de computação e informação, mais produtos e máquinas são equipados com sensores em partes críticas de máquinas para avisar sobre falhas potenciais muito antes pode falhar

para que possam ser corrigidos antes de interromperem a produção. Sistemas Inteligentes de Manutenção Sistemas inteligentes de manutenção (IMS) Prever e prever o desempenho dos equipamentos (ALMEIDA, 2000).

No momento em que o alarme soar, já é tarde demais para evitar falha. A maior parte do tempo de inatividade da fábrica é causada por essas situações inesperadas. Não há alerta desde que analise o desgaste normal ao longo do tempo. Se fosse possível monitorar o desgaste normal, então seria possível prever situações futuras e executar tarefas de manutenção antes desagregação ocorre (MARQUES, 2003). A visão de longo prazo sobre manutenção inteligente é que podemos usar qualquer meio - incluindo tecnologias incorporadas (software) e remotas - para monitorar o desempenho do equipamento. Então se o desgaste começa a ocorrer, há tempo suficiente para consertar o item antes da falha (MONCHY, 1987).

Uma máquina pode auto avaliar sua saúde e acionar sua própria solicitação de serviço conforme necessário. Se esse modelo funcionar, então terá um produto que pode gerenciar seu próprio desempenho de serviço e sua própria garantia contratos. Ele também pode nos alertar sobre maneiras de mantê-lo funcionando de maneira de alto desempenho (ALMEIDA, 2000). Se o equipamento começar a se desgastar, é possível começar a produzir peças com qualidade inaceitável e não sabe há muito tempo. Eventualmente, o desgaste da máquina será seriamente afetam não apenas a produtividade, mas também a qualidade do produto (CAMPOS, 1992).

Se tradicionalmente faz uma abordagem mais reativa à manutenção e gerenciamento de instalações, você poderia, em vez disso, salvar milhares de dólares da empresa adotando estratégias preventivas. A economia exata de custos obtida dependerá em grande parte coisas específicas da sua empresa (sua indústria, o equipamento usa, o tamanho de suas instalações e mais) (MARQUES, 2003). No entanto, geralmente é aceito que a manutenção reativa custará três quatro vezes mais do que a manutenção preventiva. A manutenção preventiva oferece vários benefícios, incluindo tempo de inatividade reduzido, maior eficiência e desempenho do equipamento, condições de trabalho mais seguras e empresa melhorada reputação (MARQUES, 2003).

Todos os dias, suas instalações não produzem nem atendem clientes em níveis ótimos é uma perda para a empresa. Porque nunca saber quando o equipamento pode falhar, resultados de manutenção reativa em tempo de inatividade não planejado, o que leva a funcionários ociosos, parar na produção e perdeu prazos. Para recuperar os negócios funcionando o mais rápido possível, essas falhas inesperadas geralmente exigem que você pague uma hora extra para o técnico. As vezes o negócio deve cobrir o alto custo (CAMPOS, 1992). Um programa de manutenção preventiva mantém o rompimento de operações ao mínimo. Um programa eficaz quebra o ciclo de inatividade e reparo. Porque as verificações de manutenção planejadas, é fácil agendar de uma forma que faz o menor impacto na produção do dia-a-dia (ALMEIDA, 2000).

No final, economiza tempo e dinheiro valiosos tomando os devidos cuidados seu equipamento e mantendo tudo funcionando sem problemas, se o equipamento está relacionado com a produção, processamento de dados ou operação de construção, como aquecimento-ventilação, ar condicionado (HVAC), iluminação, sistemas de energia e encaçamento. Todo o equipamento quebra devido ao desgaste normal. Mas a implementação de um programa de manutenção preventiva mantenha as máquinas e os sistemas em

boas condições de funcionamento prolongando suas vidas. Substituição de peças, troca de fluido e óleo e inspeções de qualidade garantem que tudo funcione como devemos (CAMPOS, 1992). Equipamento negligenciado pode usar mais energia e recursos que o equipamento que está funcionando com eficiência, e ganhos de eficiência podem reduzir os custos de energia da sua empresa (FREITAS, 2011).

É através da Manutenção Preventiva que os gerentes podem monitorar periodicamente seus equipamentos, realizando medições e acompanhamentos que garantam a plenitude das operações (ALMEIDA, 2000). Da mesma forma, essa atenção constante aumenta a percepção de eficiência no trabalho para o cliente, já que ele não precisa entrar em contato com frequência para pedir a resolução de falhas, nem se vê sem apreciar os equipamentos adquiridos ou alugados. Troca de peças desgastadas e limpeza correta e regular também fazem parte da Manutenção Preventiva, o que garante maior satisfação na execução do serviço (CAMPOS, 1992).

Além disso, a manutenção planejada do equipamento ajudará a melhorar a vida útil do equipamento e a evitar qualquer atividade de manutenção não planejada. Um programa bem-sucedido de manutenção preventiva depende da cooperação de todas as partes envolvidas. Os gerentes de engenharia devem confiar nos conhecimentos, ideias e contribuições de todo o pessoal de manutenção da propriedade (FREITAS, 2011). Infelizmente, a implementação de um programa de manutenção preventiva pode ser demorada e onerosa. Isso cria um debate constante sobre se vale a pena instalar um programa de manutenção preventiva. Será que todas as horas de trabalho e dinheiro investidos no programa superam os reparos de emergência? A partir de nossos anos de experiência, acreditamos que quando o programa é operado corretamente, os benefícios excedem os custos (FREITAS, 2011).

Aqui estão outros importantes benefícios de um programa de manutenção preventiva operado adequadamente: O tempo de inatividade do equipamento é reduzido e o número de grandes reparos é reduzido, Melhor conservação de ativos e aumento da expectativa de vida dos ativos, eliminando assim a substituição prematura de máquinas e equipamentos (ALMEIDA, 2000). Custos de horas extras reduzidos e uso mais econômico de funcionários de manutenção devido ao trabalho em uma base programada em vez de uma base de falha para reparar avarias. Os reparos de rotina oportunos evitam menos reparos em larga escala Melhor segurança e condições de qualidade para todos (CAMPOS, 1992).

Um plano de manutenção preventiva pode economizar dinheiro para uma empresa, porque os esforços serão concentrados na prevenção de falhas de equipamentos, em vez de responder a emergências, e a manutenção preventiva geralmente é muito mais barata e mais rápida do que as grandes correções. Os gerentes de manutenção podem usar o software CMMS para configurar um programa de manutenção, o que simplifica a transição de manutenção reativa para preventiva e também é muito econômico (CAMPOS, 1992).

Quando o equipamento não está funcionando em condições ideais, ele cria muitos perigos, condições de trabalho inseguras e até mesmo situações de emergência em que os trabalhadores são feridos. A manutenção preventiva melhora a segurança do equipamento e, portanto, a segurança dos trabalhadores da empresa, resultando em menos lesões e acidentes no trabalho (ALMEIDA, 2000).

Tradicionalmente, a manutenção tem sido considerada uma função de suporte, e não uma função central, agregando pouco valor ao negócio. Costa (2013) argumenta que ver a manutenção apenas como um custo (que deve ser minimizado), pode afetar a força competitiva da empresa e sua capacidade de competir de forma negativa. Almeida (2000) fornece uma classificação de barreiras na implementação de sistemas de gestão de manutenção, das quais as seguintes são as mais proeminentes; falta de conhecimento da planta e do processo, falta de dados históricos, falta de tempo para concluir as análises necessárias, falta de suporte da alta administração e medo de interrupções na produção / operações.

Além disso, percebe-se que o aumento da automação e a redução dos buffers colocam claramente mais pressão na função de manutenção. As interrupções na produção podem ser muito caras e isso torna a manutenção extremamente importante para o gerenciamento de operações (ZAIIONS, 2003). Assim, o nível necessário de gerenciamento de manutenção está aumentando rapidamente e foi notado que muitas indústrias de manufatura têm usado várias abordagens para melhorar a eficácia da manutenção (PEREIRA, 2009).

A ideia principal com uma estrutura de gerenciamento de manutenção estruturada é que, embora cada empresa seja única e precise de conceitos de manutenção customizados, as estruturas subjacentes para todos os conceitos são muito semelhantes, exigindo o desenvolvimento de uma estrutura robusta, mas flexível de gerenciamento de manutenção. Algumas das estruturas encontradas na literatura são descritas abaixo. Muitas das estruturas encontradas na literatura compartilham muitas semelhanças; por exemplo, combinando uma estrutura robusta com as características únicas de empresas individuais, incorporando uma perspectiva estratégica, com foco na medição de desempenho, etc (PINTO; XAVIER, 2001).

Normalmente, as estruturas também podem ser customizadas para que sejam adequadas às necessidades específicas da empresa. O que pode ser visto a partir das estruturas é que é importante para as empresas em geral, e para as indústrias de processo em particular, alinhar a gestão de manutenção com a estratégia de operações e definir KPIs (indicadores chave de desempenho) para manutenção de acordo com os objetivos gerais da empresa. Seeling (2000) citou uma estrutura em oito fases que descreve como as empresas podem aumentar a eficácia, eficiência, avaliação e melhoria contínua em termos de gestão de manutenção. A estrutura de gestão da manutenção é apresentada como o meio para fazer com que toda a organização busque a mesma visão, e para estimular a empresa a planejar a gestão da manutenção nos níveis estratégico, tático e operacional, bem como para toda a instalação, para o subsistema, e para os componentes individuais.

Quanto aos sistemas de gerenciamento de gestão da manutenção, tem o sistema de gerenciamento de manutenção computadorizado (CMMS) que é uma plataforma de software projetada para simplificar o gerenciamento de manutenção. Este tipo de pacote de software intuitivo mantém um banco de dados de computador com informações sobre as operações de manutenção de uma empresa e pode produzir relatórios de status e resumos detalhados das atividades de manutenção. Depois de analisadas, essas informações têm como objetivo permitir que o pessoal de manutenção faça seu trabalho com mais eficácia e que os gerentes de manutenção tomem decisões informadas, ajudando-os a gerenciar custos e alocar recursos (VERRI, 2007).



Para Verri (2007), um CMMS permite que as organizações eliminem o rastreamento manual de dados e permite o rastreamento e a organização de várias facetas do negócio em um local digital centralizado. O software CMMS é altamente personalizável, permitindo que as organizações adicionem componentes como gerenciamento de dados de equipamentos, gerenciamento de tarefas de manutenção preventiva e preditiva, sistemas de ordem de trabalho, programação e planejamento, programação e planejamento, gerenciamento de fornecedores, controle de estoque e muito mais.

No passado, o CMMS e os sistemas de gerenciamento de ativos corporativos (EAM) eram vistos como soluções muito diferentes para o gerenciamento de manutenção. Os sistemas modernos, desde então, confundiram os limites entre os dois, com muitos sistemas de software incluindo os recursos de ambos em um pacote de software corporativo. É importante observar; entretanto, eles não são a mesma coisa (BRAILE; ANDRADE, 2013).

Os pacotes de software CMMS incluem bancos de dados com informações históricas e em tempo real sobre as operações de uma empresa. O software CMMS também é usado para agendar e atribuir trabalho, melhorar a eficiência, apoiar a conformidade regulatória e ajudar o gerenciamento de manutenção a tomar decisões mais informadas. Os sistemas CMMS são um pouco mais focados do que os sistemas EAM e são projetados especificamente para lidar com funções relacionadas à manutenção e gerenciamento de materiais. Muitas organizações preenchem as lacunas integrando seu CMMS com software de programação, compras e contabilidade, por exemplo (BRAILE; ANDRADE, 2013).

O EAM se concentra na otimização do ciclo de vida dos ativos de uma empresa. Ele oferece uma visão abrangente dos ativos físicos e da infraestrutura ao longo de todo o ciclo de vida. Isso inclui projeto, implementação e aquisição, bem como operação, manutenção, descarte e substituição. O software EAM foi desenvolvido após o CMMS e inclui recursos de gerenciamento de manutenção, mas considera o custo total de propriedade dos ativos físicos de uma empresa (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

A manutenção baseada no tempo refere-se à substituição ou renovação de um item para restaurar sua confiabilidade em um tempo, intervalo ou uso fixo, independentemente de sua condição. Isso é o que Moubray chama de tarefas de restauração programada ou descarte programado. O objetivo da manutenção baseada no tempo é proteger-se contra a falha de peças de desgaste conhecidas que têm um tempo médio entre falhas previsíveis (MTBF), ou seja, a manutenção baseada no tempo assume que a falha está relacionada à idade e uma vida útil clara pode ser determinada. Ou que simplesmente não vale a pena o esforço para avaliar a condição e uma substituição baseada no tempo é mais econômica e ainda (razoavelmente) eficaz (BRAILE; ANDRADE, 2013).

De acordo com Herpich e Fogliatto (2013), a manutenção baseada no tempo nunca pode gerenciar de forma eficaz os modos de falha não relacionados ao envelhecimento e, portanto, deve constituir apenas uma pequena parte do seu programa de manutenção geral, pois > 70% dos modos de falha em sua planta não estão relacionados à idade. É importante perceber que em muitos setores as empresas têm que concluir certas tarefas para atender aos requisitos de conformidade regulamentar e estas normalmente seriam executadas em um intervalo de tempo fixo, ou seja, manutenção baseada no tempo. Mas, mesmo com a manutenção relacionada à conformidade, muitas vezes há oportunidades para envolver um regulador e olhar para a mudança para, por exemplo, abordagens baseadas em risco (BRAILE; ANDRADE, 2013).

As tarefas de manutenção de localização de falhas têm como objetivo detectar falhas ocultas normalmente associadas às funções de proteção. Pense em válvulas de segurança de pressão, desarme transmissores e assim por diante. Este tipo de equipamento não precisará funcionar até que algo mais falhe. Isso significa que em condições normais de operação você não saberá se este equipamento ainda está funcionando, ou seja, os modos de falha estão ocultos. É importante perceber que as tarefas de manutenção de localização de falhas não evitam a falha, mas simplesmente a detectam. A manutenção de detecção de falhas é conduzida em intervalos de tempo fixos, normalmente derivados da legislação ou de abordagens baseadas em risco (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

A maioria dos modos de falha não está relacionada à idade. No entanto, a maioria dos modos de falha fornecem algum tipo de aviso de que estão ocorrendo ou prestes a ocorrer (BRAILE; ANDRADE, 2013). Se forem encontradas evidências de que algo está nos estágios iniciais de falha, pode ser possível tomar medidas para impedir que falhe completamente e / ou para evitar as consequências da falha. Portanto, a Manutenção Baseada em Condições como estratégia busca evidências físicas de que uma falha está ocorrendo ou está prestes a ocorrer. Pensar no CBM dessa forma mostra suas aplicações mais amplas fora das técnicas de monitoramento de condição, muitas vezes associadas apenas a equipamentos rotativos (HERPICH; FOGLIATTO, 2013).

4. CONCLUSÃO

O objetivo da manutenção é maximizar o desempenho do equipamento, garantindo que o equipamento funcione de forma regular e eficiente, tentando evitar avarias ou falhas, minimizando as perdas resultantes de avarias ou falhas e mantendo ou aumentando a confiabilidade da operação de construção.

As atividades de manutenção estão relacionadas com o reparo, substituição e manutenção de componentes ou algum grupo identificável de componentes em uma fábrica, de modo que possa continuar a operar em uma "disponibilidade" especificada por um período especificado. Assim, o gerenciamento de manutenção está associado à direção e organização de vários recursos, de modo a controlar a disponibilidade e o desempenho da unidade industrial em um determinado nível.

Observou-se durante o trabalho que o gerenciamento de manutenção é responsável pelo funcionamento suave e eficiente da planta industrial e ajuda a melhorar a produtividade. Também ajuda a manter as máquinas / equipamentos em suas melhores condições de operação. Assim, a manutenção da planta é uma função de serviço importante e inevitável de um sistema de produção eficiente. Ele também ajuda a manter e melhorar a eficiência operacional das instalações da fábrica e, portanto, contribui para a receita, diminuindo o custo operacional e melhorando a qualidade e a quantidade do produto que está sendo fabricado. Como função de serviço, está relacionada com a incoerência de certos custos. O componente importante de tais custos é - contratação de pessoal de manutenção, outras despesas administrativas menores, investimento em equipamento de manutenção e estoque de componentes / peças de reparo e materiais de manutenção.

A pesquisa durante seu levantamento bibliográfico, foi consolidada de forma positiva



o questionamento que vigorou como problemática desse trabalho, por meio de renomados autores sobre o tema referenciados em todo texto, e a busca do estudo referencial que confirma a veracidade da bibliografia citada no trabalho, além disso os objetivos gerais e específicos foram alcançados de acordo com a biografia referenciada satisfaz os questionamentos levantados pela autor por meio de obras sobre o tema explorado.

Este trabalho abordou sobre a importância dos sistemas de gestão de manutenção em indústrias, o problema levantado sugere-se que haja mais pesquisas sobre a temática, com projetos direcionados a criação de softwares capazes de integrar mais ainda os indicadores de operação de manutenção de uma empresa. Portanto, segue algumas sugestões para trabalhos futuros. Levantamento quantitativo e locais estratégicos para elaboração de um sistema de gestão de manutenção; Sistema de manutenção via software em empresas de médio porte para fins menos complexo; Estudo de caso no meio acadêmico de meios e técnicas de sistema de gestão da manutenção.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000.
- ANDRADE, Ednardo B. **Apostila de Gestão da Manutenção**. Florianópolis, CEFET/SC, 2002.
- BRAILE, N. A.; ANDRADE, J. J. d. O. **Estudo de falhas em equipamentos de costura industriais utilizando o FMEA e a análise de confiabilidade**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 33, 2013.
- CAMPOS, V. F. TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: INDG, 1992.
- COSTA, M. de A. **Gestão estratégica da Manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- FREITAS, M. A. S. **Implementação da Filosofia TPM (Total Productive Maintenance): um estudo de caso**. 2011.
- HERPICH, C.; FOGLIATTO, F. S. Aplicação de FMECA para definição de estratégias de manutenção em um sistema de controle e instrumentação de turbogeradores. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 5, n. 9, p. 70–88, 2013.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro (RJ): Qualitymark, 2009.
- MARQUES, F.T.M. **Sistemas de Controle de Manutenção**. Itajubá: UNIFEI, 2003.
- MARTINS, G. A. **Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.
- MONCHY, F. A **Função Manutenção**. São Paulo: Durban, 1987.
- MOUBRAY, J. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade**. São Paulo: Aladon, 1996.
- PEREIRA, M. J. **Engenharia de Manutenção: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009.
- PINTO, Alan K., XAVIER, Júlio A. N. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymarck Ed., 2001.
- SEELING, M. X. **Desenvolvimento de um sistema de gestão da manutenção em uma empresa de alimentos do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção): Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2000.
- TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. 1ª edição. Rio de Janeiro: NAT, 2005.

VERGARA, S. C.; **Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2005.

VERRI, L. A. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial: Aplicação Prática**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1ª edição. Rio de Janeiro: INDG, 1998.

ZAIIONS, D. R. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 2003.



CAPÍTULO 12

A RELEVÂNCIA DA GESTÃO E DO PLANEJAMENTO NA MANUTENÇÃO

THE RELEVANCE OF MANAGEMENT AND PLANNING IN MAINTENANCE

Romilson Costa Santos¹

Ana Claudia Silva²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

2 Professora, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

O presente estudo tem o objetivo de informar a importância do planejamento e controle de manutenção, verificando se estas ações são capazes de reduzir a incidência de manutenções corretivas. Este artigo consiste em um trabalho de pesquisa bibliográfica, em que demonstra por meio de artigos já publicados os conhecimentos do processo de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). O processo de planejamento e controle da manutenção industrial se inicia através de atuações estruturadas das equipes de campo. Com fluxos definidos para cada célula de manutenção, com objetivo de manter o equipamento apto a produzir pelo maior tempo possível e apenas pará-lo em um momento que cause menor impacto à produção. Tem-se conhecimento de como a condição *sine qua non* (indispensável/essencial) é indispensável para o atingimento das metas de disponibilidade operacionais. O conhecimento das técnicas de planejamento e controle, todavia, é imperativo que as informações de campo sejam coletadas com a maior confiabilidade possível, pois, é a partir destas informações iniciais que se determinará o sucesso ao fim deste processo. É relevante destacar que áreas de apoio como a engenharia, armazém, segurança, meio ambiente e médica ambulatorial são fundamentais na definição das estratégias de manutenção e produção.

Palavras-chave: Planejamento; controle; manutenção; processo.

Abstract

The present study aims to inform the importance of maintenance planning and control, verifying if these actions are capable of reducing the incidence of corrective maintenance. This article consists of a bibliographic research work, in which it demonstrates, through articles already published, the knowledge of the Maintenance Planning and Control (PCM) process. The process of planning and controlling industrial maintenance begins with structured actions by field teams. With defined flows for each maintenance cell, in order to keep the equipment ready to produce for as long as possible and only stop it at a time that causes less impact on production. It is known how the *sine qua non* condition (indispensable/essential) is indispensable for the achievement of operational availability goals. Knowledge of planning and control techniques, however, it is imperative that field information is collected with the greatest possible reliability, since it is from this initial information that success at the end of this process will be determined. It is important to highlight that support areas such as engineering, warehouse, security, environment and outpatient medicine are fundamental in defining maintenance and production strategies.

Keywords: Planning; control; maintenance; process.



1. INTRODUÇÃO

Com o decorrer dos anos, as empresas do ramo industrial almejam, cada vez mais, a automação de seus processos e ações, e para o atendimento deste processo utilizam-se várias máquinas que permitem o aumento do desempenho e da eficiência das ações, possibilitando, dessa forma, a operacionalização de tarefas de maneira automática e reduzindo os custos gerais de produção. Cada máquina ou equipamento requer divergentes tipologias de cuidados, a fim de que se possa assegurar a sua vida útil e, sendo assim, emergem vários conceitos no que tange à questão da manutenção.

Hoje, é perceptível que os gestores têm agido de maneira ágil, no que tange às mudanças que dizem respeito à aplicabilidade da manutenção em processos. Tem-se que a visão clássica da manutenção diz respeito aos reparos de itens danificados. Assim, face a este panorama limitado, as atividades de manutenção estariam restringidas às tarefas reativas a ações de reparos. Todavia, em uma visão mais atual, tem-se que o objetivo da manutenção transcende a questão de apenas reparar itens danificados, sobretudo, a grande concentração diz respeito em manter o equipamento funcionando de forma eficaz, mediante as condições do projeto e averiguando as necessidades físicas para o pleno desenvolvimento da produção. Entretanto, este conceito possibilita uma abordagem proativa nos serviços do dia a dia, além de inspeções periódicas.

A melhora contínua nos processos, fruto da avidez tecnológica, tende a melhorar o padrão produtivo e reduzir perdas ao longo do processo para que possa haver competitividade. Sendo assim, é nesse contexto que emerge a temática da importância da gestão e do planejamento na manutenção, abordagem esta que ganha mais força a cada dia, e em que a empresa é responsável por evitar paradas indesejáveis em um tempo prolongado. Dessa forma, é de intensa importância que exista um Plano de Manutenção, em que deva compilar as informações imprescindíveis para a orientação perfeita da atividade de manutenção preventiva.

Assim, ações gestoras eficazes devem ser colocadas em vigência, à medida que por meio de uma gestão atuante e que trabalhe de forma preventiva, muito dificilmente, as ações serão paralisadas por conta de defeitos que possam surgir. Políticas de manutenção bem delineadas conferem à empresa resultados prósperos, no que tange à qualidade, entrega, minimização de custos e diminuição de processos, ações estas que são imprescindíveis para a melhoria dos serviços e produtos nas empresas, e que devem ser priorizados pelos gestores.

Nesta seara, apresenta-se a seguinte problemática: Com mercado cada vez mais competitivos, exigências que antes não eram destacadas, tais quais a qualidade nos sistemas de produção, atualmente, consiste em requisitos essenciais para a permanência no mercado de negócios. Almejando o aumento da competitividade, as empresas vêm se preocupando com questões estratégicas da produção, em que se destaca, neste contexto, a manutenção. A missão deste setor é de assegurar a disponibilidade de equipamentos e instalações, quando houver necessidade por parte da produção e, com isso, garantir confiabilidade, segurança e preservação do meio. Portanto, esta pesquisa suscita a seguinte problemática: Qual a relevância da gestão e do planejamento na manutenção, a fim de

que as empresas possam garantir o sucesso esperado em seus produtos e serviços?

Para isso, adotaram-se os seguintes objetivos:

Geral: Estudar a relevância da gestão e do planejamento, verificando se estas ações são capazes de reduzir a incidência de manutenções corretivas.

E como específicos:

- a) Conceituar e caracterizar gestão e planejamento
- b) Contextualizar conceitual e historicamente a manutenção;
- c) Expor ações que afirmem a gestão e o planejamento como imprescindíveis à manutenção.

A importância da temática em evidência é vislumbrada, no momento em que abordar a manutenção, nos dias atuais, é imprescindível, à medida que a mesma possui funções estratégicas, primordialmente, no que se refere aos objetivos da empresa, que diz respeito à lucratividade através de serviços e produtos de qualidade, e não se consegue alcançar o lucro com máquinas de funções vitais parando no meio de um processo produtivo.

Desse modo, pode-se enfatizar como esta pesquisa tem grande contribuição para áreas afins, uma vez que através de uma revisão de literatura ratifica a vantagem de se usar a manutenção de forma preventiva na intenção de reduzir a manutenção corretiva.

Ademais, o presente estudo intenciona o despertar do interesse de outros acadêmicos da área de Engenharia Mecânica, contribuindo com a elaboração de uma pesquisa para que se alarguem os fundamentos teóricos que dizem respeito à temática em voga.

O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, será uma Revisão de Literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes base de dados (livros, sites de banco de dados, etc....), a saber: Scielo, Lilacs, Periódico Capes e Google Acadêmico.

O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca serão: "Gestão", "Planejamento" e "Manutenção".

Para esta revisão, portanto, será utilizada a leitura sistemática, no intuito de que sejam definidas as categorias necessárias ao aprofundamento e discussão acerca da temática em evidência.

2. GESTÃO: CONCEITO E FINALIDADES

A gestão organizacional é oriunda de várias das diversas transformações e mudanças contínuas enfrentadas pelas mesmas no decorrer de sua existência. Essas mudanças almejam, pois, o melhoramento nos processos de trabalho, o avanço de novas conquistas, o aumento de novas concorrências, na competitividade, suscitando, pois, a exigência dos clientes. Assim, consoante Chiavenato (2018), todas estas questões estão intrínsecas a um mundo dos negócios, da evolução e da transformação, cuja revolução constante e rápida exige das empresas e das pessoas uma nova postura.

Dessa forma, quando se evidencia a terminologia palavra gestão, sob qualquer enfoque, implica, automaticamente, uma outra terminologia inserida nesse mesmo contexto, ou seja, a administração. Os dois termos possuem origem latina (*gerere* e *administrare*, respectivamente). Gestão significa conduzir, dirigir, guiar, nortear. Administrar é sinônimo de gerir, levando-se em consideração os objetivos a serem alcançados e a ação de gerir (ANDRADE, 2019).

Matias e Freitas (2012) asseveram que o sentido etimológico da palavra gestão vem do "gestio" que por sua vez vem de "gerere" (trazer em, produzir), assim, gestão é o ato de administrar um bem fora de si (alheio). Denomina que a gestão nas organizações compreende a colaboração mútua entre a equipe de trabalho com fins de se obter resultados pretendidos, este complementa ainda, que há uma diferença significativa entre gerenciar pessoas e gerenciar com pessoas, sendo que na primeira situação, os colaboradores são "objetivados", isto é tido como meras ferramentas de controle e produção, enquanto que no segundo caso, são os sujeitos ativos da gerência.

Nessa perspectiva, a gestão consiste na interpretação dos objetivos pretendidos para que estes objetivos se transformem em ações administrativas por meio do planejamento, organização, direção e controle, assim o planejamento é compreendido como o processo elaboração de uma determinada ação antecipadamente e como executá-la; a organização baseia-se no estabelecimento de relações entre os recursos humanos e materiais da empresa, a direção consiste na influência sobre o outro e a motivação é a forma com que o líder faz com seus colaboradores tenham entusiasmo pelo desenvolvimento de seu trabalho (BRAGA, 2012).

É mister, pois, elucidar que a prática administrativa não se efetiva de maneira isolada, descontextualizada, mas ocorre coletivamente no grupo e para o grupo, o que sugere decisões coletivas e estruturadas. Para Silva (2017, p. 32): "gestão nos lembra gestação, gerir, dar a vida. Nesse sentido, gestão vai além do seu conceito primeiro que diz respeito à ação de dirigir, administrar".

Assim, o planejamento está relacionado aos estágios iniciais de determinação das diretrizes organizacionais na ambiência interna, bem como externa, consistindo, portanto, em decisões e ações gerenciais que orientam e asseguram uma organização segura e resistente, através de uma boa gestão (SILVA, 2017).

Para isso, faz-se necessária a formulação de um planejamento estratégico com vistas à elaboração e operacionalização de ações que visem ao êxito da empresa, mediante implementações, acompanhamentos e avaliações, pois se sabe que o planejamento consiste

em uma ferramenta gerencial imprescindível para as empresas modernas, porque planejar em uma organização refere-se ao estudo e à escolha de alternativas para se alcançar um objetivo de forma eficiente e eficaz, a partir da situação atual da organização (HAFSI; MARINET, 2018). E no que tange à manutenção, é imprescindível que seja efetivada através de ações gestoras eficazes, que venham a efetivar suas tarefas através de um planejamento que vislumbre o alcance de resultados positivos para a empresa.

3. O CONCEITO DE MANUTENÇÃO

O conceito de manutenção tem origem militar, almejando a necessidade de manter o efetivo humano e equipamentos nas frentes de batalha. Na indústria, os primeiros relatos sobre o uso dessa questão emergiram nos Estados Unidos, na década de 50. No momento em que se busca o significado teórico de manutenção, encontram-se referências que se reportam ao ato ou ação de manter, gerir e administrar as máquinas e os equipamentos empresariais (KARDEC; NASCIF, 2019).

Mediante Slack, Chambers e Johnston (2018), manutenção é uma terminologia usada para abordar a maneira pela qual as empresas tentam evitar falhas nas instalações físicas, maquinário e equipamentos. É uma parte relevante da maioria das atividades de produção, primordialmente, aquelas cujas instalações físicas têm papel fundamental na produção de seus bens e serviços.

Mediante Wyrebski (1997), a conservação de instrumentos e ferramentas consiste em uma prática averiguada historicamente, desde a gênese da humanidade, mas, de forma efetiva, foi somente quando da invenção das primeiras máquinas têxteis, a vapor, no século XVI, que a função manutenção aparece. Dessa forma, em virtude da necessidade de se manter em bom funcionamento todo e qualquer equipamento, ferramenta ou dispositivo para uso no trabalho em tempos de guerra ou ainda em combates militares, houve a consequente evolução das formas de manutenção.

A mesma abordagem é seguida por Corrêa e Corrêa (2012), no momento em que os autores conceituam manutenção como a compilação de ações organizadas na operação com o objetivo de manter os recursos físicos em bom estado de funcionamento e prontos para o uso.

Mediante Branco Filho (2018), a manutenção consiste em uma função empresarial da qual se almeja o controle constante das instalações, assim como o conjunto de trabalho de reparos e revisões imprescindíveis para assegurar o funcionamento regular e o bom estado de conservação das instalações produtivas, serviços e instrumentos dos estabelecimentos.

Assim, as definições de manutenção mostram que não basta a existência de um bom projeto, porém, é necessário ainda que se adquiram as condições adequadas para o fornecimento do equipamento, principalmente pessoas capacitadas para a manutenção do fluxo contínuo dos processos produtivos, evitando possíveis falhas.

Mediante Rosa *et al* (2018) a manutenção é imprescindível para uma empresa, à me-



dida que é ela que irá manter a capacidade produtiva funcionando da melhor forma possível. Quando não existe busca da gestão da manutenção no contexto de uma empresa, essa tem grandes chances de ser composta por intervenções corretivas em equipamentos, em que na maioria das situações é extremamente danoso para os custos envolvidos.

Souza (2020) ratifica que a manutenção não age somente em máquinas e equipamentos que estão em operações; age ainda na concepção de um projeto, à medida que as disposições de peças devem obedecer a critérios para facilitar futuras operações de manutenção. É relevante que se compreenda a razão da manutenção se preocupar tanto em examinar de forma sistemática suas instalações, sendo eles: os benefícios para a segurança dos colaboradores, o aumento da confiabilidade e na qualidade, os custos com operações mais baixos, o tempo de vida útil dos equipamentos se tornam maiores e a depreciação das instalações é menor (SLACK *et al*, 2019).

Segundo Gurski e Rodrigues (2018) a área de manutenção, nas indústrias de maneira geral, é pouco desenvolvida, não fazendo uso de práticas fundamentais de planejamento e programação de serviços, e também de ações da área sempre assumam a dimensão de urgência, obrigando à produção grandes perdas de produtividade com impactos na lucratividade da organização.

Assim, políticas de manutenção bem definidas cedem às empresas resultados positivos em qualidade, entrega, minimização de custos e redução de processos, atividade estas que são fundamentais para a melhoria da produtividade das empresas, e que deveriam ser priorizados por uma nova gestão.

4. AS DIFERENTES FORMAS DE MANUTENÇÃO

Vários autores enfatizam a relevância da manutenção e destacam divergentes métodos que são adotados para a sua usabilidade.

Mediante Siqueira (2015), os tipos de manutenção são também classificados de acordo com a atitude dos usuários, no que diz respeito às falhas. As categorias de manutenção são geralmente identificadas, sob este aspecto: a) Manutenção Corretiva; b) Manutenção Preventiva; c) Manutenção Preditiva; d) Manutenção Detectiva; e) Manutenção Produtiva Total e; f) Engenharia de Manutenção.

A manutenção corretiva destina-se à correção de falhas que já tenham acontecido. Enfatiza-se ainda que a manutenção corretiva consiste em um método de fatores econômicos, à medida que os custos de manutenção são mais baratos em relação à prevenção de falhas dos equipamentos, em que o mesmo defende a atividade de manutenção preventiva em qualquer empresa, porque o método reduza ocorrência de falhas, dessa forma, aumentando a disponibilidade dos equipamentos e diminuindo paradas inesperadas (XENOS, 2018; REIS, 2018).

A manutenção preventiva intenciona a prevenção e evitar as consequências das falhas, em que são medidos parâmetros que possam indicar a evolução de uma falha a tempo de serem corrigidas.

A estratégia primeira para que seja implantada a manutenção preventiva é a implantação de controle da manutenção corretiva, a sensibilidade ao processo e implantar os controles da manutenção corretiva existente, assim efetuando ações corretivas quando necessárias nos equipamentos, permeando assegurar-se nos princípios básicos da manutenção preventiva, com acompanhamento aos recursos de produção juntamente com os cooperadores, operacionalizando os controles e assim desenvolver o programa de parada programada, para avaliação de rotina, para gerar eficiência e redução dos custos de manutenção de parada não programadas e aumentando a produtividade da empresa. Desenvolvendo avaliação de rotina, para gerar eficiência e redução dos custos de manutenção de parada programada e aumentando a produtividade da empresa (HERMOSILLA *et al*, 2018).

c) A manutenção preditiva é desenvolvida por meio da análise e acompanhamento de alguns aspectos ou condições de equipamentos e instalações. Por exemplo, a análise de vibração, temperatura de óleo, desgastes de correias, etc. O objetivo é prevenir para que o problema não ocorra futuramente. A manutenção preditiva é realizada analisando dados importantes para o bom funcionamento da máquina. É muito importante que a manutenção preventiva seja realizada constantemente (SIQUEIRA, 2015).

A manutenção detectiva almeja a identificação de falhas que já tenham ocorrido, porém, que não sejam percebidas. A manutenção detectiva também identifica as falhas e garante a confiabilidade de equipamentos e maquinários, auxiliando na manutenção dos mesmos em operação, assegurando a viabilidade a longo prazo, e auxiliando o pessoal de operação e manutenção na detecção de falhas ou não perceptíveis (SOUZA, 2020; KARDEC; NASCIF, 2019).

A aplicabilidade da manutenção detectiva dá a relevância ao nível de automação dentro das empresas ou processo crítico e não suporta falhas, maximizando a confiabilidade do processo.

A produtiva total objetiva assegurar a melhor utilização e maior produtividade dos equipamentos. A manutenção produtiva total consiste na melhoria da estrutura da empresa, tanto no que diz respeito aos aspectos humanos (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimento, habilidades e atitudes), quanto no que se refere a termos materiais (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria prima, produtos etc.). O êxito maior a ser alcançado consiste no rendimento operacional global (FILHO, 2018).

E, por fim, a engenharia de manutenção consiste na experiência que é usada para o aperfeiçoamento do processo e projeto de novos equipamentos, em uma atitude de melhoria contínua (SIQUEIRA, 2015). A Engenharia de Manutenção consiste em uma nova concepção que constitui a quebra de paradigma na manutenção. Desenvolver engenharia de manutenção é ideal à medida que se deixa de ficar consertando continuamente, para procurar as causas básicas, mudar situações permanentes de mau desempenho, deixar de conviver com problemas crônicos, melhorar padrões e sistemáticas, desenvolver a manutenção, dar feedback ao projeto, interferir tecnicamente nas compras (ARAÚJO; SANTOS,

2018).

Os tipos de manutenção supracitadas são as mais conhecidas e mais usadas nas empresas, a fim de sanar suas interrupções por falha de equipamentos e poder dar continuidade aos seus processos produtivos.

Contudo, mediante assevera Branco Filho (2018), além da manutenção corretiva, preventiva e produtiva, ainda há outras maneiras de manutenção, que vem ganhando espaço significativo na gestão da manutenção, nos dias atuais. São elas: manutenção detectiva, manutenção centrada na confiabilidade e engenharia de manutenção. É cabível, pois, ao gestor de manutenção identificar e escolher qual será a melhor maneira de manutenção no seu processo produtivo, a fim de que tudo possa funcionar de forma estruturada e organizada.

5. PLANEJAMENTO, CONTROLE E PROGRAMAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Nas palavras de Pereira e Neves (2015), nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, acontecem diversas problemáticas, a saber: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, aumento dos custos etc. A fim de que se evitem tais problemáticas, as empresas inseriram, em termos administrativos, o planejamento, o controle e a programação da manutenção. A função planejar significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões. A função controlar significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos. E a função programar implica dizer a elaboração de planos de ações, com vistas à manutenção preventiva.

O plano de operacionalização necessita ser controlado, a fim de que se obtenha as informações que guiem a tomada de decisão, no que diz respeito a equipamentos e equipes de manutenção. O controle é desenvolvido através de coleta e tabulação de dados, seguidos de interpretação e, sendo assim, são estabelecidos os padrões ou normas de trabalho. Planejamento, Controle e Programação de Manutenção, de acordo com Filho (2018), consiste no conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da operacionalização das atividades de manutenção contravalores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para a consecução dos objetivos e da missão da empresa.

Tavares (2015) dá a entender que os gestores da manutenção passem a ter uma visão holística e atuação sistêmica dentro de suas empresas, de tal maneira que a variedade de modelos e fundamentações do planejamento, controle e programação da manutenção, já plenamente desenvolvidos e consolidados, seja útil à maximização dos equipamentos, bem como aos lucros da organização.

A gestão de planejamento, controle e programação é a responsável por justificar os investimentos em manutenção em virtude da disponibilidade do equipamento ou instalação, na intenção de que se evitem as paradas não programadas por falhas, a fim de que o planejamento da produção não seja afetado no que corresponde à entrega do produto ao cliente final (VERRI, 2017). É considerado de praxe que processos fabris diferentes, os quais atendem aos modelos tecnológicos específicos exigem planejamento de manuten-

ção de acordo com suas demandas peculiares.

Mediante Souza (2018), o gestor de Manutenção Industrial necessita adequar as estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção que permita o seu alinhamento com as finalidades e funções do Planejamento, Controle e Programação da Produção.

O planejamento, controle e programação da manutenção otimiza o desempenho das instalações produtivas, a fim de que se evitem falhas, mobilizando a perda de produção de uma empresa. Objetivando a diminuição da perda de tempo produtivo à falha do equipamento, estender a vida útil do maquinário e de outras instalações, reduzindo desgaste, como a perda devida de paradas de produção, assim, assegurando a prontidão operacional de todos os momentos, a eficiência do equipamento na utilidade da manutenção e pessoal, garantindo a inspeção regular e a manutenção das instalações (ALVES *et al*, 2013).

Nas palavras de Vieira (2012), a manutenção industrial e o planejamento e controle da manutenção (PCM), lidam em conjunto para aprimorar, organizar o planejamento da manutenção, tornando-a mais eficiente. Dessa forma, a indústria estabelece financeiramente a permanência e a disposição de seus artigos no mercado, com excelente qualidade e valor competitivo.

Mediante Branco Filho (2018), o PCM consiste em um aglomerado de ações que visam ao planejamento, design e controle dos resultados das realizações das operações de manutenção, aplicando medidas de correção mediante os valores disponíveis, de forma que se alcancem as metas e a missão da empresa. O PCM é de suma importância para o gerenciamento da gestão da manutenção, em máquinas e dispositivos relacionados à linha de produção. O PCM tem grande contributo no alinhamento dos setores permitindo à empresa o alcance dos objetivos propostos.

A manutenção é de intensa importância para a produção, contribuindo, de maneira decisiva para o alcance de objetivos e metas que a empresa delinea para o seu negócio, tendo, assim, a intencionalidade do planejamento da empresarial, a fim de que se gere o lucro. O gerenciamento da manutenção possibilita a interligação dos objetivos e metas da empresa, para que se alcance o nível de perfeição necessário, mediante os objetivos de manutenção na criticidade e no processo que se deseja alcançar. O planejamento e controle da manutenção consiste em um conjunto estratégico de ações para o preparo, programação, controle e verificação dos resultados da operacionalização das atividades, da função manutenção contra valores pré-estabelecidos e adotar medidas de correções de desvios para o alcance das metas e dos objetivos da produção e, de forma consequente, da missão da empresa (SOARES, 2019).

6. GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Com o crescente avanço da tecnologia e automação das indústrias, máquinas e equipamentos vêm se tornando recursos imprescindíveis nos processos produtivos. A fim de que se conquiste e se mantenha, no mercado, as empresas necessitam estar bem estruturadas, na intenção de que se possa competir de igual forma com seus concorrentes.



Assim, é de praxe que se almeje obter o máximo de confiabilidade e eficácia nos recursos tecnológicos e mecanismos empregados na linha de produção, e, para que o setor produtivo obtenha um excelente desempenho, é imprescindível que se reduza ao máximo o tempo ocioso de falhas em seus equipamentos (SLACK *et al*, 2019).

Desse modo, levando-se em consideração que qualquer atividade produtiva esteja sujeita a falhas, em alguns seguimentos tidos como fundamentais, como o fornecimento de água e eletricidade para um hospital, por exemplo, é imprescindível que os produtos e serviços oferecidos não tenham falhas. Assim, a confiança no pleno funcionamento não é somente almejada, porém, sobretudo, fundamental. Em panoramas menos críticos, assegurar confiabilidade em produtos e serviços é de intensa relevância para desenvolver vantagens competitivas à frente de seus concorrentes (SLACK *et al*, 2019).

É óbvio que a diminuição de falhas e ociosidades em máquinas por defeito vem assegurando o êxito em diversas empresas. Pautando-se neste panorama, pesquisadores e empresas vêm desenvolvendo técnicas administrativas e programas de manutenção na intenção de que se alcance qualidade nos seus produtos, obter disponibilidade dos recursos e eficiência dos processos (CORRÊA; CORRÊA, 2011).

Destarte, se faz necessária a manutenção de um plano de gestão de manutenção, fim de que a manutenção possa ser operacionalizada com o uso de sistemas de gestão de diferentes níveis de maturidade. Numa ambiência competitiva, em que se almeja continuamente a evolução dos processos produtivos, mantenedores devem identificar em que nível de maturidade seu sistema de gestão se encontra, para então decidir, junto com toda a organização, em que nível devem se situar, visando obter resultados coerentes com a estratégia do negócio.

A gestão da manutenção engloba o controle e os processos de reparo de qualquer tipo de dispositivo mecânico ou elétrico, também conhecido como MRO (maintenance, repair and overhaul). Esses processos, além das ações de reparo por defeito, também, inserem as rotinas de manutenções preventivas e programadas para ampliarem a vida útil dos equipamentos. O MRO pode ser conceituado como todas as ações para manter ou restaurar um item a um estado em que ele possa operacionalizar sua função. As ações incluem ações técnicas e administrativas. O MRO pode ser categorizado como um processo interno da empresa ou um serviço contratado de uma empresa especializada no reparo de certos tipos de equipamentos (AMARAL, 2015).

De forma essencial, as ações que dizem respeito à manutenção existem, a fim de que se evita a deterioração dos equipamentos e instalações, que acontecem naturalmente pelo seu uso. Esta degradação se demonstra de várias formas, desde aparência ruim dos equipamentos até perdas de desempenho e paradas de produção. Nesse contexto, é essencial uma boa Gestão da Manutenção para melhoria dos processos junto as áreas de produção, manutenção e áreas de suporte da indústria. Esse gerenciamento se dá pela observação de indicadores coletados com o uso de mecanismos para obtenção de dados. Em suma, pode-se asseverar gerenciar a manutenção industrial da empresa é essencialmente atingir metas. A figura 1 demonstra uma manutenção industrial.



Figura 1 – Colaborador executando a manutenção de um maquinário industrial
Fonte: <https://blog.engeman.com.br/gestao-de-manutencao-industrial/>

A figura expressa o reconhecimento da relevância da manutenção industrial, que consiste em dar o primeiro passo para uma gestão de custos muito mais eficiente e, *a posteriori*, para a conquista de uma inteligência estratégica muito mais assertiva. Todavia, para além do reconhecimento do status do setor em uma empresa, o gestor deve, antes de tudo, compreender quais são os principais aspectos da gestão.

Mediante Amaral (2015), gerenciar a manutenção é estabelecer novos padrões, mudar os já existentes ou cumpri-los e, para isto, a padronização das atividades da manutenção é a peça chave desse gerenciamento na busca da excelência industrial e competitividade da empresa.

Conforme afirma Kardec e Nasfic (2019), hoje a função da gestão da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados. A gestão da manutenção, nos dias atuais, tem funções estratégicas nas organizações, pois um dos principais objetivos da empresa se relaciona a lucros, e não se consegue lucros com máquinas de funções vitais parando no meio do processo produtivo

Consoante Figueiredo (2019), é de intensa relevância o entendimento dos processos de produtos e as possíveis falhas que podem acontecer, em que as mesmas podem ser diagnosticadas inteiramente, a fim de que não seja detectado pelo cliente. No uso de metodologias e instrumentos adotados nos procedimentos, na resolução de problemas e na formação de equipes de manutenção, tem-se como objetivo a gestão da manutenção, com vistas ao alcance do melhor desempenho, analisando os dados e encontrando a melhor maneira de resolver e eliminar falhas dos equipamentos no menor tempo possível.

Para Costa (2013), a gestão da manutenção é usada como instrumento estratégico e quando bem aplicada, estruturada, garante a disponibilidade e a produtividade dos equipamentos e das instalações, de forma que se aperfeiçoem os meios de produção, bem como a prestação de serviços.

Mediante Costa (2013), a gestão da manutenção garante mudanças para os setores tecnológicos e de produção, exigindo produtividade e qualidade dos produtos e serviços, bem como a manutenção também se responsabiliza pelos fatores de confiabilidade e disponibilidade do desempenho operacional da empresa.

Nas palavras de Souza (2020 p. 66),

Em linhas gerais, é mister asseverar que toda evolução tecnológica dos equipamentos processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relacionados ao desgaste e controle de falhas e suas consequência, a dependência de equipes capacitadas e motivadas para o enfrentamento dos desafios, o desenvolvimento de novas técnicas e, de forma consequente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente às despesas gerais, transformam a gestão da manutenção em um segmento estratégico para o êxito empresarial.

A gestão deve estar, pois, atrelada a um conjunto de ações, decisões e definições a respeito de tudo o que se tem que desenvolver, possuir, utilizar, controlar, planejar, coordenar, a fim de que se possam gerir os recursos fornecidos para a função da manutenção, fornecendo, assim, os serviços que são aguardados pela função da manutenção (SOUZA, 2020).

7. CONCLUSÃO

A manutenção encontra-se presente no cotidiano das empresas, sejam elas de pequeno à médio porte, e esse processo não é apenas relacionado à correção e à prevenção na falha dos equipamentos, porém, é ainda a parte estratégica a fim de que uma empresa, independente do ramo, venha ter êxito no mercado. Para a melhoria contínua, a gestão da manutenção trabalha em sintonia com as demais ferramentas da qualidade e da administração, assim aprimorando a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, sem desperdício de tempo, e tornando cada mais eficaz os processos de manutenção.

O propósito deste trabalho foi inicialmente descrever o processo de implantação de um sistema de planejamento e controle da manutenção, ressaltando a importância desse setor, assegurando maior confiabilidade, qualidade, redução dos custos financeiros de manutenção na linha produção com as paradas não programadas, além de aumentar a média da produção.

Este artigo, pois, se propôs a fornecer dados que permitiram implementar medidas de melhoria dos processos e gerar soluções que minimizem as possíveis falhas nos equipamentos. Assim, a gestão da manutenção será capaz de alcançar minimizações dos tempos de reparo, de ociosidade e de retrabalhos; e aumentar a produtividade de seus colaboradores otimizando tempo e melhorando o planejamento, alocando a mão de obra para atividades que realmente comprometem a estabilidade da companhia.

O uso de uma gestão de manutenção possibilita o aumento da eficiência e da eficácia

de qualquer processo, desde que os mesmos sejam adequadamente analisados e aplicados.

Este artigo, pois, teve seu objetivo alcançado, uma vez que pôde demonstrar, através da literatura existente, que uma proposta de gestão da manutenção é de intensa importância para mensurar o desempenho da empresa, tanto das etapas que compõem o processo dos planos preventivos dos equipamentos quanto as atividades de correção programadas, engajando os colaboradores envolvidos neste processo, que são as chaves do sucesso deste processo.

Assim, as ferramentas de aprimoramento contínuo da qualidade dos serviços, torna as ações mais eficazes a partir do momento em que se planeja e se programa com antecedência, possibilitando uma gestão e controle detalhados em todos os níveis.

Para trabalhos vindouros, sugere-se o acompanhamento da implantação e coleta de dados para validação dos dados inferidos nesta pesquisa.

Referências

- ALVES, L.L. *et al.* **Implementação de ferramentas de controle da produção em pequenas empresas**: estudo de caso em uma fábrica moderna. Salvador, 2013.
- AMARAL, C. P. **Manutenção Produtiva Total**: método PMRI. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84657/225810.pdf?seque>. Acesso em: 1 jun. 2022.
- ANDRADE, I. A. L de. **O desenho das políticas públicas e a dinâmica de seus Conselhos Gestores**: um estudo comparativo das áreas de saúde, assistência social e trabalho, 2009. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ANPOCS, 24., 2009, Caxambu. Políticas públicas. Caxambu: ANPOCS, 2019.
- ARAÚJO, I. M. de; SANTOS, C. K. S. **Manutenção elétrica industrial**, 2018.
- BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. São Paulo: Ciência Moderna, 2018.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Campos, 2018.
- CORRÊA, Carlos A.; CORRÊA, H. L. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Atlas, 2011.
- COSTA, M.A. **Gestão Estratégica da Manutenção**: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Juiz de Fora: UFJF, 2013.
- FIGUEIREDO, D.L. **Gestão da Manutenção**: metodologias e ferramentas para análises de Falhas. *In*: IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa: CONBREPRO, 2019.
- FILHO, G. B. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2018.
- FREITAS, E. B. **Engenharia de Produção**. TPM – Manutenção Produtiva total. Artigo online, publicado em 15 de maio de 2009. Disponível em: <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2009/05/tpm-manutencao-produtiva-total.html> . Acesso em: 1 jun. 2022.
- GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GURSKI, C. A.; RODRIGUES, M. **Planejando Estrategicamente a Manutenção**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2018.
- HERMOSILLA, J. L. G.; POLI, D. B.; MACHADO, R. E.; VALENTE, C. M. O. **A manutenção preventiva e a**

- gestão dos recursos de transformação:** um estudo de caso comequipamentos de uma empresa agrícola. *In: VIII CONBREPRO*, Ponta Grossa, nov. 2018.
- KARDEC, A; NASCIF, J. de A. **Manutenção – função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualiymark, 2019.
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. **A construção do saber:** manual de metodologia de pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte (MG): UFMG, 2012.
- REIS, Y. **Criação de um roteiro para implementação de manutenção preventiva aos moldes do TPM**. *In: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2018, Maceió. A Engenharia de Produção e suas contribuições para o desenvolvimento do Brasil. Maceió: ENEGEP, 2018.
- ROSA, S. C. F.; LEITÃO, J. O. M.; SILVA, A. L. E.; THIER, F. **Análise da Gestão da Manutenção em uma empresa de transformação de polímeros**. *In: VIII CONBREPRO*, Ponta Grossa, dez. 2018.
- SILVA, J. B. da. Um olhar histórico sobre a gestão escolar. **Educação em Revista**, Marília, v.8, n.1, 2017.
- SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implementação. Rio de Janeiro: Qualiymark, 2015.
- SLACK, N; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da Produção**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- SOARES, A.M. **Planejamento e controle da manutenção como alavanca de resultados:** implementação em uma indústria de carcinicultura. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Natal: UFRGN, 2019.
- SOUZA, J.B. **Alinhamento das estratégias de planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e função do planejamento e controle da produção (PCP):** uma abordagem analítica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Ponta Grossa: UTFP, 2020.
- TAVARES, L. A. **Manutenção centrada no negócio**. Rio de Janeiro: NAT, 2015. 164 p.
- VERRI, L. A. **Gerenciamento pela qualidade total na manutenção industrial:** aplicação prática. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2017.
- WIREBSKI, J. **Manutenção produtiva total – um modelo adaptado**. Florianópolis, 1997. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta98jerzy>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- XENOS, H. G. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte, Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2018.

CAPÍTULO 13

IMPORTÂNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO NA GESTÃO DE INDUSTRIAS

*IMPORTANCE OF IMPLEMENTING THE MAINTENANCE PLAN IN THE
MANAGEMENT OF INDUSTRIES*

João Victor Goes Soares¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras – São Luís, São Luís - MA

Resumo

O assunto proposto no artigo aborda um estudo referente à análise e desenvolvimento da manutenção no setor industrial, com fundamentos no planejamento da gestão, visto que o tema está diretamente ligado à diminuição de tempo de execução de paradas, custo de reposição das peças sobressalentes e vida útil do equipamento a cada manutenção executada. O tema em observação tem por objetivo geral demonstrar a importância do plano de manutenção para o crescimento de uma empresa, à medida que seus objetivos específicos, visa apresentar os tipos de manutenção existentes, conceituando-os e demonstrando como introduzi-las neste setor de forma eficaz, objetivando a produção e o lucro das empresas. Ademais, este trabalho obterá dados através de pesquisa bibliográfica, analisando e interpretando estudos científicos realizado neste âmbito acadêmico, entre eles estarão presentes livros, artigos e dissertações. Dessa forma, torna-se evidente que para a gestão de manutenção das indústrias, faz-se indispensável a utilização do plano de manutenção evitando a atuação de manutenção corretiva e apontar a probabilidade de o equipamento vir a falhar e não gerar impactos na linha de produção ocasionando perdas financeiras.

Palavra-chave: Manutenção industrial. Planejamento. Produtividade.

Abstract

The subject proposed in the article addresses a study related to the analysis and development of maintenance in the industrial sector, based on management planning, since the theme is directly linked to the reduction of downtime, replacement cost of spare parts and life. equipment for each maintenance performed. The theme under observation has the general objective of demonstrating the importance of the maintenance plan for the growth of a company, as its specific objectives, aims to present the existing types of maintenance, conceptualizing them and demonstrating how to introduce them in this sector in a efficient, aiming at the production and profit of the companies. In addition, this work will obtain data through bibliographic research, analyzing and interpreting scientific studies carried out in this academic environment, including books, articles and dissertations. In this way, it becomes evident that for the maintenance management of the industries, it is essential to use the maintenance plan, avoiding the action of corrective maintenance and pointing out the probability that the equipment will fail and not generate impacts on the production line. causing financial losses.

Keyword: Industrial maintenance. Planning. Productivity.

1. INTRODUÇÃO

O assunto proposto no artigo aborda um estudo referente à análise e desenvolvimento da manutenção no setor industrial, com fundamentos no planejamento da gestão, tendo-se em vista que o mesmo dá ênfase a quebras e paralisações de máquinas ou equipamentos danificados devido aos desgastes.

A gestão da manutenção industrial não somente foca no conserto dos equipamentos defeituosos, mas também é configurada como uma área que abrange diversas atividades, entre elas será destacado o monitoramento dos equipamentos, diagnóstico de problemas efetivos, prevenção de mau funcionamento das máquinas e conserto ágil de qualquer tipo de defeito. Neste trabalho será debatido o seguinte problema: qual a importância do plano de manutenção para a gestão das indústrias?

O objetivo geral deste estudo irá mostrar a importância da gestão e manutenção de equipamentos industriais, de forma que, como objetivo específico, visa abordar os tipos de manutenção e suas finalidades, demonstrar o valor de um planejamento de recursos físicos e de mão de obra, descrever em detalhes como melhorar o desempenho das máquinas visando garantir o perfeito funcionamento da produção.

Comprova-se que um plano de manutenção adequado tem um grande impacto na qualidade da produção, possibilitando a criação de condições ideais para o manuseio de máquinas e equipamentos visando aumentar a produtividade, garantindo os prazos de entrega e reduzir custos evitando perdas e desperdícios.

Enfim, a realização deste trabalho tem como a finalidade demonstrar através da pesquisa de diversos estudos científicos elaborados neste âmbito acadêmico, os impactos gerados de forma benéfica que uma boa gestão de manutenção pode trazer no setor industrial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para o desenrolar deste artigo foi elaborada uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de levantar uma grande quantidade de informações, deixando em evidência os tipos de manutenção e a importância de utilizá-los através de um plano de manutenção e o impacto gerado na gestão das indústrias que fazem o uso do mesmo.

A pesquisa bibliográfica no primeiro momento é apenas a composição do estudo investigado, é a apuração de material teórico sendo somente a etapa inicial, logo após a escolha do assunto se faz necessária realizar o uso de uma revisão bibliográfica, com o objetivo de reunir conhecimento sobre o tema, contribuindo para um estudo profundo da gestão de manutenção industrial (ALYRIO, 2009).



Sendo o método de pesquisa descritivo, visto que foram realizados levantamentos e observações acerca de livros, artigos científicos e dissertações, permitindo buscar as similaridades e desigualdades de modo a assimilar o assunto em questão de um modo mais amplo (BREVIDELLI, 2008).

Este artigo apresenta aspectos qualitativos, uma vez que, sendo a metodologia documental e bibliográfica, apresentará interpretações de estudos feitos em empresas, deixando em evidencia os benefícios para a lucratividade dos mesmo que fazem uso de estratégias bem elaboradas.

2.2 Resultados e Discussão

Foram observadas desde os primórdios das civilizações o uso de métodos simples de manutenção, como a preservação de objetos e ferramentas de trabalho. Porém, foi somente com a revolução industrial ocorrida no século XVIII, somada com um grande avanço tecnológico, que a função de manutenção surgiu na industrial com o objetivo de assegurar o processo contínuo do trabalho (WIREBSK, 1997).

Com um cenário cada vez mais globalizado, a atenção no controle e prevenção de falhas virou rotina das equipes de manutenção que visam garantir o mesmo padrão de qualidade dos itens fabricados e uma gestão mais eficaz, e dessa forma ocasionou no surgimento da gestão de manutenção, que se tornou um dos aspectos mais importantes no desenvolvimento de uma empresa.

A gestão da manutenção industrial sendo um processo sistemático e planejado, busca criar as condições ideais de operação de máquinas e equipamentos, visando aumentar a produtividade e ao mesmo tempo assegurar que os prazos de entrega sejam cumpridos com a melhor eficiência possível, dessa forma, garantindo a redução nos custos e desperdícios de matéria prima.

Para atingir satisfatoriamente seus objetivos e se tornar competitivo a função manutenção deve adotar os princípios contidos no conceito de gestão estratégica, se estabelecendo simultaneamente com as demais funções administrativas da instituição e dessa forma, oferecer serviços eficazes a seus clientes ativos da empresa. Deve possuir uma perspectiva, um compromisso e domínio bem estabelecidos sobre o futuro da organização (FUENTES, 2006).

Na gestão da manutenção industrial os tipos de manutenção são distinguidos pela maneira de como a interferência é feita. Neste estudo serão retratadas as rotinas básicas de manutenção, conhecidas como as principais por vários autores. Tais como: a manutenção preventiva, preditiva, corretiva e detectiva.

A manutenção preventiva que é pensada para reduzir a probabilidade de defeitos em um equipamento e é indissociável de todos os processos industriais. Segundo Slack (2002, p. 645), "Tem como o objetivo de manter para mais, a vida útil da máquina, prevenir falhas e reduzir o impacto e custos." Por este motivo, esta manutenção deve ser realizada em intervalos específicos, que irão permitir a identificação de possíveis desgastes e quais

peças serão atualizadas antes da parada da obra (COSTA, 2002). No entanto, um grande problema com essa abordagem é que ela depende de dados estatísticos para programar paradas, mas não avalia as variáveis específicas do setor que afetam diretamente a vida útil da máquina (ALMEIDA, 2000).

A preditiva, ao contrário da prevenção, a manutenção preditiva é fundamentada na análise feita regularmente no equipamento. Contém a coleta de dados para explicitar a vida útil restante do equipamento e adotar providências antes que ocorra uma falha. Às vezes, a fábrica precisa analisar a máquina, e essa análise fornecerá um resultado diagnóstico indicando se uma equipe de mecânicos precisa ser enviada ao equipamento (ALMEIDA, 2000). Nos maquinários autônomos, esse diagnóstico não pode ser feito apenas por meio da avaliação visual. Tendo em conta esses dispositivos mais complexos, a tecnologia avançada também é necessária para garantir que os problemas ainda possam ser encontrados nos estágios iniciais. Em circunstâncias ideais, nunca mudará as fábricas do setor, apenas fornece análises para garantir uma melhor gestão do departamento de manutenção. Portanto, é muito importante enfatizar seu papel estratégico neste campo, o que fortalecerá as medidas de manutenção (ALMEIDA, 2000).

A manutenção corretiva é descrita como o primeiro tipo de manutenção existente, segundo Slack, Chambers, Johnston (2002, p. 625) "significa permitir que as instalações continuem a funcionar até que quebrem. O trabalho de manutenção é efetuado somente depois da quebra do equipamento ter acontecido", seu propósito é restaurar a máquina para condições aceitáveis ao uso. Esta manutenção é dividida em dois tipos: corretiva paliativa, consiste em resolver a falha, restaurando a máquina a uma condição temporária de uso, até que uma reparação adequada seja realizada, e corretiva curativa, onde além de solucionar a falha, a causa também é erradicada, pois é feita uma reparação visando a restauração da função da máquina ou equipamento.

A manutenção detectiva atua em sistemas de proteção e tem como principal objetivo auxiliar em diagnósticos para descobrir falhas ocultas ou imperceptíveis para as equipes de manutenções e operações. Sua principal vantagem é melhorar a detecção de falhas antes que elas se transformem em grandes problemas. Isso é feito através de testes que iram buscar estes defeitos que geram impactos diretamente nas indústrias e afetam toda a cadeia produtiva (REALPE, 2012).

Para corresponder a essa necessidade, a manutenção detectiva realiza uma série de testes chamados TDF (Teste de Detecção de Falhas), estabelecendo um sistema de proteção que fará uso de parâmetros pré-estabelecidos. Uma vez encontrados as falhas, as equipes de manutenção resolveram os mesmos antes se tornem mais grave, podendo desenvolver ações corretivas planejadas.

O plano de manutenção tem como objetivo reduzir a ocorrência de falhas, interrupções não planejadas e deterioração da função do equipamento, mantendo o procedimento da manutenção organizado e com um fluxo constante no aprimoramento e no seu monitoramento.

Para desenvolver um plano de manutenção, é necessário investigar todas as máquinas colocadas na planta da indústria e coletar todos os dados disponíveis, bem como, tipo, modelo, fabricante, ano de fabricação e número de série. As especificações dos equipa-

mentos têm grande relevância, visto que é a partir deles que será estabelecido quais os tipos de manutenção serão mais adequados em cada máquina (CAMPOS JÚNIOR, 2006).

De modo a demonstrar o propósito da eficiência de um plano de manutenção, este trabalho irá apresentar alguns casos que fizeram o uso deste plano no sistema industrial.

O estudo feito por Carvalho (2010) na empresa produtora de cal, Tecnocal Ltda em Arcos-MG, analisou a importância da manutenção preventiva na indústria. Foi observado que manutenção preventiva demonstra diversas vantagens para a indústria buscando como assegurar o contínuo funcionamento das máquinas, só realizando interrupções para consertos em horas pré-definidas; além disto, proporciona maior facilidade para executar seus programas de produção de cal. Faz-se relevante ponderar sobre os motivos que influenciam de forma direta e indireta no setor de produção, deste modo, é válido dizer que a inexistência de um planejamento prejudica o rendimento da empresa, afetando-a diretamente. O presente estudo realizado sobre o trabalho na empresa, constatou que a Tecnocal precisa investir na manutenção preventiva de forma estruturada, organizada e coordenada, pois não há na empresa nenhuma proposta de intervenção (CARVALHO, 2010).

Dessa forma, ficou evidente através de observação que a manutenção preventiva incorporada na empresa é ineficiente, dado que, não é programada e nem atende aos parâmetros da mesma, exaltando a importância de um plano de manutenção (CARVALHO, 2010).

Em outro estudo realizado, sobre a manutenção preditiva com destaque em termografia, foi desenvolvida em uma indústria sucroalcooleira situada na região centro-oeste de Minas Gerais, visando as vantagens da inserção de tal procedimento. A coleta de dados foi adquirida com uma Câmera termográfica TI 25, logo após efetuada, o técnico preditivo compôs um termograma apontando em detalhes através de fotos digitais e infravermelhas em quais equipamentos devem ser administrados as inspeções, apontando também as falhas e os tipos das mesmas (OLIVEIRA, 2012).

As falhas apresentadas foram categorizadas em: iminente, certa, provável, e reincidência, os tipos de intervenções classificados em: imediata, rotina e programar serviço, mostrando-se de extrema importância a elaboração de gráficos, em que exibirá a proporção do tipo de falha para a quantidade de equipamento analisados que precisaram de intervenções, sendo eles 23 no total (OLIVEIRA, 2012).

Portanto, pode-se observar que essa indústria após introduzir a manutenção preditiva em sua gestão, apresentou redução de interrupções inusitadas na linha de produção e redução de custo com peças estocadas.

Consequente, estratégias reativas de manutenção, ou seja, realizadas somente com a quebra ou falha do equipamento, são efetuadas somente após acontecer o defeito no sistema, o que gera altos prejuízos devido ao tempo de interrupção da máquina e altos custos para repor a peça sobressalente.

Em função disso, a manutenção corretiva é somente utilizada em setores não cruciais, em lugares onde as consequências serão pequenas, que não se faz necessária a reposição

imediate da peça, em decorrência disso faz com que a mesma seja incorporada as outras estratégias de manutenção existentes (REALPE, 2012).

Fazer estudos periódicos, mapeamento e análise de falhas, vão ajudar a entender realidade da indústria, dessa forma as equipes irão prevenir eventuais casualidades e ao mesmo tempo otimizar todo o processo de manutenção que irá ser efetuado, logo irão economizar com os custos e desperdícios.

3. CONCLUSÃO

Este artigo teve como finalidade analisar os benefícios de uma boa gestão de manutenção no setor industrial. As interpretações feitas no estudo evidenciam o quão relevante é um bom planejamento para o crescimento de empresas.

Mostra-se claramente que existem setores que não fazem uso do planejamento de gestão, áreas em que as consequências das causalidades são pequenas e foi levantado dados comprovando que mostram empresas utilizando mais de um tipo de manutenção para uma logística mais eficiente.

A pesquisa buscou responder através de livros, artigos e dissertações qual a importância do plano de manutenção para a gestão de indústrias, fazendo o uso dos tipos de manutenção, desse modo, foi destacado que sendo bem introduzidas na gestão, afetam positivamente à lucratividade de empresas, causando à redução drástica nas interrupções das linhas de produção, redução nos custos de peças estocadas e segurança para mão de obra nas operações.

Dessa forma, torna-se evidente que para a gestão de indústrias, faz-se indispensável a utilização do plano de manutenção, este estudo disponibiliza o básico de conhecimento para desenvolvimento do indivíduo tanto acadêmico quanto profissional, visto que o assunto não foi totalmente debatido, pois o mesmo está em constante desenvolvimento.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000. Disponível em: <http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>. Acesso em 02 abr. 2022.
- ALYRIO, R. D. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2009.
- BREVIDELLI, MM; DE DOMENICO EB. **Trabalho de conclusão de curso: guia prático para docentes e alunos [...]** 2ª ed. São Paulo: Látria; 2008.
- CAMPOS JÚNIOR, E. E. **Reestruturação da área de planejamento, programação e controle na Gerência de manutenção Portuária – CVRD**. 2006. 74f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2006.
- CARVALHO, P. S. S. **Vantagens da Manutenção Preventiva: um estudo de caso na empresa produtora da cal Tecnocal Ltda em Arcos – MG**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Fa-



culdade de Engenharia, Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2010.

COSTA, M. A. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** Dissertação (Graduação em engenharia de produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

FUENTES, F. F. E. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial.** 2006. Tese (Pós-graduação em engenharia mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

MESQUITA, B. R.; PEREIRA, C. H. S.; FERNANDES, D. F. S.; JUDICE, G. H. Estudo da Manutenção Industrial com Base na Gestão de Processos. **Engenharia Mecânica**, Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/18853/1/Estudo%20da%20Manuten%C3%A7%C3%A3o%20Industrial%20com%20Base%20na%20Gest%C3%A3o%20de%20Processos%20.pdf>. Acesso em 12 de maio 2022.

OLIVEIRA, D. B. **Manutenção preditiva com ênfase em termografia: um estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira.** 2012. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Engenharia de Produção, Centro Universitário de Formiga – UNIFORM – MG, Formiga, 2012.

REALPE, L. F. A. **Uma metodologia para gestão de manutenção corretiva e baseada em condição aplicada em usinas hidrelétricas: uma abordagem usando raciocínio baseado em casos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Sistemas Mecatrônicos) – Engenharia mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total.** Um modelo Adaptado. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

CAPÍTULO 14

MANUFATURA MECÂNICA: UM ESTUDO SOBRE OS MEIOS CONVENCIONAIS DE USINAGEM

MECHANICAL MANUFACTURING: A STUDY ON CONVENTIONAL MEANS OF MACHINING

Jéssica Nayanne Freitas Furtado¹

Murilo Moura dos Santos²

Deuzinete de Brito Coelho³

Jeanne Tereza da Silva Bezerra⁴

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras – São Luís, São Luís - MA

2 Mecânico de Manutenção Aeronáutica, Aeroclube do Pará, Belém-PA

3 Técnico em Segurança do Trabalho, Univima, São Luís-MA

4 Controle Técnico de Manutenção, NOTAM, Juiz de Fora-MG

Resumo

O presente artigo trata sobre os meios convencionais de usinagem, isto é, sobre tipos de processo de fabricação mecânica que em suas aplicações, especificamente, ocorre a remoção de cavaco e são, dentre os processos de usinagem, os mais utilizados na indústria Metal-Mecânica. Inicialmente abordaremos sobre a forma que são realizados os processos convencionais de usinagem, tratando de aspectos gerais que eles se inserem dentro dos processos de fabricação. A partir daí objetiva-se discorrer sobre equipamentos e ferramentas necessárias para cada tipo de processo de usinagem convencional. Descrevendo, com base na literatura, como eles ocorrem, sobretudo dos que se referem esse artigo. Por fim, compreender os pontos que diferenciam o Torneamento, Fresamento, Furação, Aplainamento e Mandrilamento, bem como suas características, demonstrando suas particularidades que são muito importantes para aqueles que buscam nos processos de fabricação por usinagem, uma vez que as escolhas erradas podem afetar no resultado final das peças, entre outros transtornos.

Palavras-chave: Fabricação, Usinagem, Processos convencionais.

Abstract

This article deals with the conventional means of machining, that is, types of mechanical manufacturing process that in their applications, specifically, chip removal occurs and are, among the machining processes, the most used in the Metal-Mechanical industry. . Initially, we will discuss the way in which conventional machining processes are carried out, dealing with general aspects that they are inserted within the manufacturing processes. From there, the objective is to discuss the equipment and tools necessary for each type of conventional machining process. Describing, based on the literature, how they occur, especially those referred to in this article. Finally, understand the points that differentiate Turning, Milling, Drilling, Flattening and Boring, as well as their characteristics, demonstrating their particularities that are very important for those who seek in machining manufacturing processes, since the wrong choices can affect in the final result of the pieces, among other inconveniences.

Keywords: Manufacturing, Machining, Conventional processes.

1. INTRODUÇÃO

A cada ano que passa a indústria é cobrada a entregar produtos de forma mais rápida, sem perder a qualidade, utilizando métodos e ferramentas inovadoras. O que poucos sabem é que muitos dos materiais usados em seu dia a dia, sofrem um processo de fabricação que já vem sendo empregado há muitos anos e que ainda se mostra eficiente, isto é, processos como a usinagem que vem sendo utilizado antes mesmo da revolução industrial, onde o ferro se tornou uma das matérias primas mais utilizadas nos processos de fabricação de peças e estruturas. Desta forma, componentes como lentes de contato, cópia de chave, garfos, ferramentas, eletrodomésticos, entre outros, estão dentre esses produtos que são indispensáveis para a sociedade, e algo que todos eles têm em comum durante seu processo de fabricação é a usinagem.

Assim, mesmo sendo um dos processos de fabricação mais antigo, quando comparado com outros, a usinagem é amplamente utilizada na indústria automotiva, naval, aeroespacial, eletrônica e de eletrodomésticos, como citado acima. Ele foi sofrendo modificações em sua forma de aplicação para assim atender as necessidades da comunidade. De forma geral os processos de fabricações são compostos por aqueles em que ocorrem a remoção de cavaco, no qual a usinagem se classifica e os que não ocorrem a remoção do cavaco.

Desta mesma forma, há uma variedade dentro dos processos de usinagem que são considerados convencionais e não convencionais. Logo, nas subdivisões desses processos há um vasto campo de aplicação do método de usinagem o que fez surgir a questão norteadora deste estudo: Quais as características que diferem os processos convencionais de usinagem? Tendo em vista que a escolha equivocada pode afetar a qualidade do produto gerando um aumento de custo e prazo de entrega.

Para responder esse questionamento o objetivo geral foi descrever os processos convencionais de usinagem demonstrando suas particularidades. Com base nisso, através dos objetivos específicos buscou-se entender como é realizado os processos convencionais de usinagem, conhecer os equipamentos e ferramentas necessárias para cada tipo de processo de usinagem convencional e compreender os pontos que os diferenciam.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Para a realização deste trabalho a metodologia adotada foi a de revisão bibliográfica, na qual a pesquisa foi de forma qualitativa e descritiva. A fim de obter as fontes para o embasamento (livros, artigos, dissertações, entre outros), foram utilizadas ferramentas como o Google Acadêmico, o Scientific Electronic Library online (SciELO) e o acervo da Biblioteca Virtual da Instituição de Ensino. Buscando uma melhor combinação de conhecimentos, usou-se trabalhos publicados nos últimos 34 anos tendo em vista que trabalhos



de autores como Dino Ferraresi serviram de base para muitas obras atuais. Os descritores empregues neste estudo foram: usinagem, processos de usinagem, ferramental de usinagem e manufatura mecânica.

2.2 Resultados e Discussão

A usinagem, dentre os distintos processos de fabricação, é capaz de dar forma a matéria prima, bem como em sua subdivisão, conferir dimensões precisas e um bom acabamento às peças. Isso porque há várias formas de realizar o processo de usinagem que vai do processo manual, que é relativamente antigo, até mesmo a utilização de maquinários que são mais precisos e que utilizam softwares para o seu melhor desempenho. Porém, neste estudo será abordado somente os meios convencionais de usinagem, tais como: Torneamento, Fresamento, Furação, Aplainamento e Mandrilamento (FERRARESI, 1970).

Desta forma, como mostra a figura 1 a seguir, é necessário destacar que há outros processos convencionais de usinagem que não serão tratados neste estudo como: serramento, brochamento, roscamento, retificação etc. Além disso, ela mostra de forma esquematizada as classificações dos processos de fabricação que vem sendo utilizados (CASARIN, 2018).

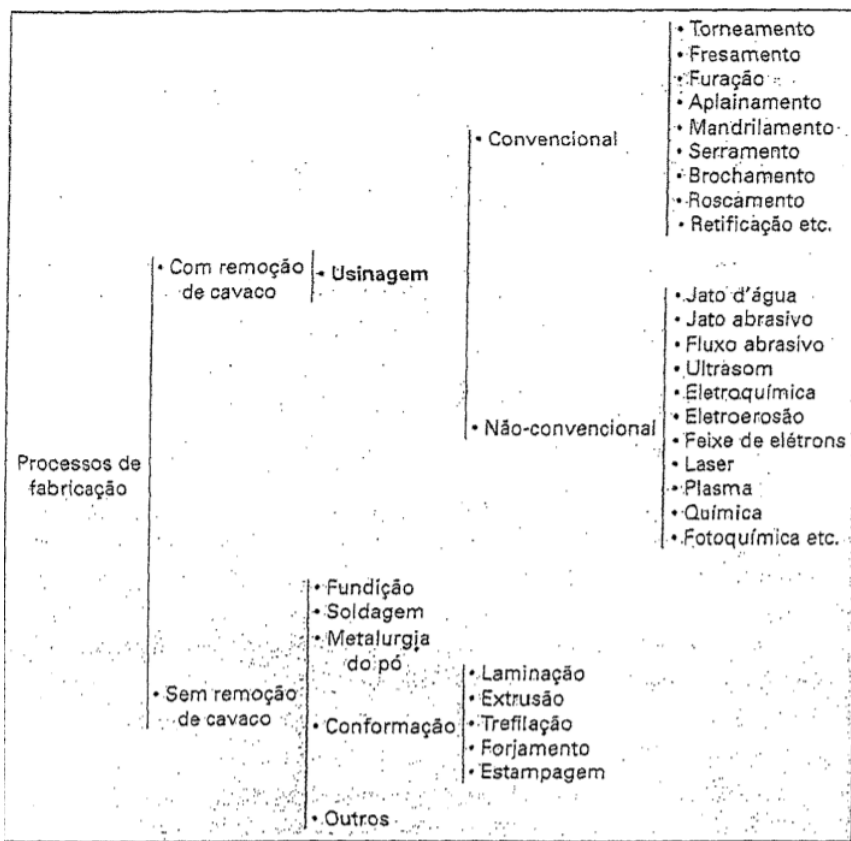


Figura 1 - Classificação dos processos de fabricação.

Fonte: MACHADO, Álisson Rocha (2009).

Nessa perspectiva, pode-se destacar que um dos fatores comum a todos os processos de usinagem, e que a caracteriza, é que em todos esses tipos sempre haverá a remoção do cavaco. Estes, por sua vez, são os resquícios irregulares que saem da peça que está sendo moldada. Esse processo é compreendido como uma "deformação por cisalhamento

do material”, onde comumente é usado o metal, embora possa ser usado em uma variedade de materiais o que torna esse método muito utilizado nos processos de fabricação (GROOVER, 2016).

Além da qualidade descrita acima, a usinagem também apresenta em seu processo uma precisão dimensional em seu corte, trazendo à peça acabamentos satisfatórios e possibilitando uma gama alta de formas e características geométricas, bem como da consistência as peças. Entretanto, existem “dificuldades em determinar as imprevisíveis condições ideais do corte”, mas uma vez encontradas não haverá necessidade, do indivíduo que está operando a máquina, de interferir no processo, pois esse se dará de forma autônoma tornando esse tipo de fabricação simples (MACHADO, 2009).

A seguir, serão apresentadas algumas características dos processos de fabricação, já citados acima, que foram amplamente abordados pela literatura e seus respectivos equipamentos e ferramentas que são necessárias.

Deste modo, segundo Holzmann, Junior e Kovaleski (2011), o processo de fabricação mais usado na indústria é o torneamento, isso porque ele é capaz de fazer, em termos de variabilidade, uma quantidade razoável de peças, além de ser um dos que mais trabalha com o material metal.

Esse processo de usinagem utiliza como máquina/ferramenta o torno, apresentando pastilhas como ferramenta de corte. Dessa forma, como mostra a figura 2 a seguir, o torno apresenta, em sua estrutura, partes que fixam as peças que são chamadas de bucha de fixação e o cabeçote móvel, e em contrapartida contém uma porta ferramenta que dará suporte a pastilha que realizará o movimento de avanço (CASARIN 2018).

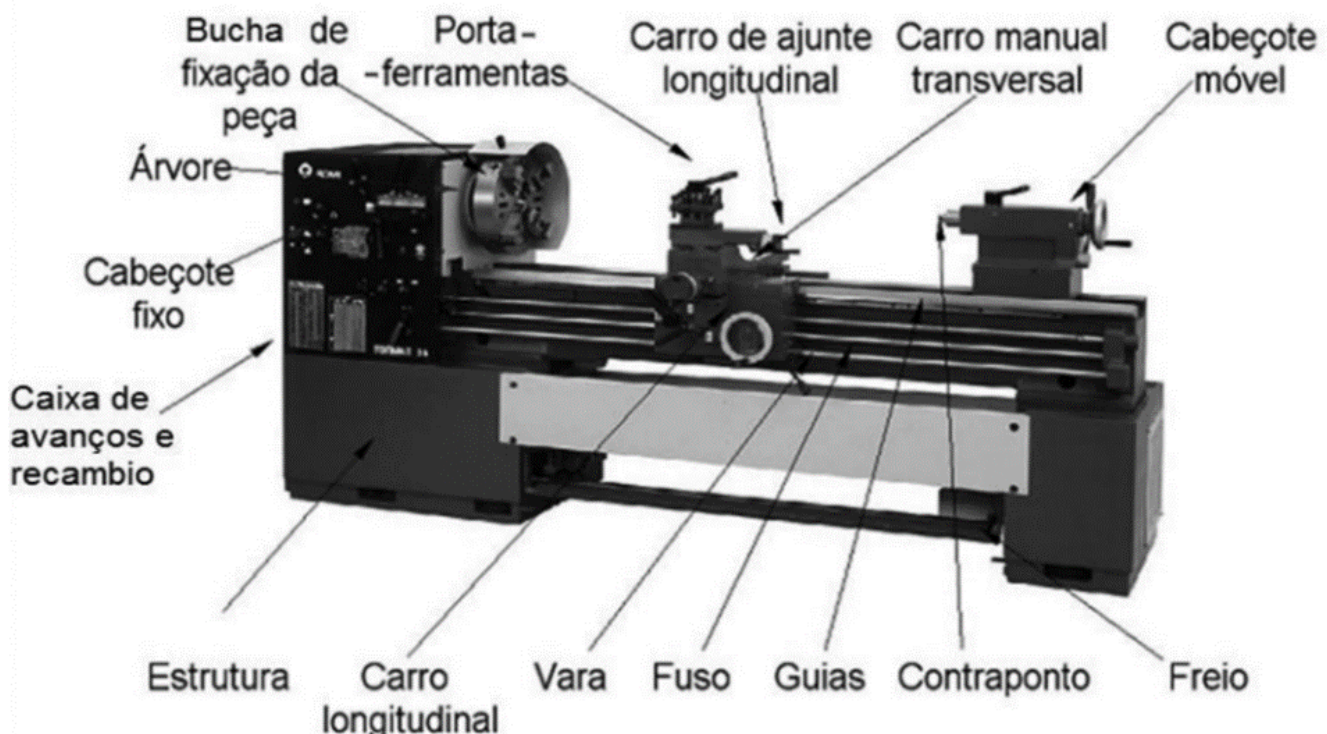


Figura 2 – Partes principais do torno.

Fonte: Casarin (2018).

Na descrição de Groover (2016) o processo de torneamento ocorre com uma ferramenta que apresenta uma aresta que produz o corte enquanto a peça submetida ao procedimento é rotacionada, onde gera uma forma cilíndrica de acordo como o movimento, assim ele diz: “o movimento que produz a velocidade do corte, no torneamento, é fornecido pela rotação da peça, e o movimento de avanço é obtido pela ferramenta de corte movendo-se de maneira lenta em direção paralela ao eixo de rotação da peça”. Assim, Holzmann, Junior e Kovaleski (2011) apontam para três movimentos que estão relacionados a peça e a ferramenta são eles:

Movimento de corte: movimento principal que tem por objetivo provocar um deslocamento peça/ferramenta e permite que ocorra o corte; - Movimento de avanço: movimento de deslocamento da ferramenta ao longo da peça, o qual juntamente com o movimento de corte provoca uma remoção contínua de cavaco; - Movimento de penetração: movimento de penetração da ferramenta na peça, profundidade, determinando a largura do cavaco (HOLZMANN, JUNIOR E KOVALESKI, 2011).

Do mesmo modo, o torneamento tem subcategorias que são definidas pela forma da sua trajetória, sendo ele retilíneo ou curvilíneo, isso porque, como mencionado acima, em seu processo o cavaco vai sendo removido para dar forma a peça enquanto a peça vai sendo girada em torno do próprio eixo, como mostra a figura 3 (GROOVER, 2016).

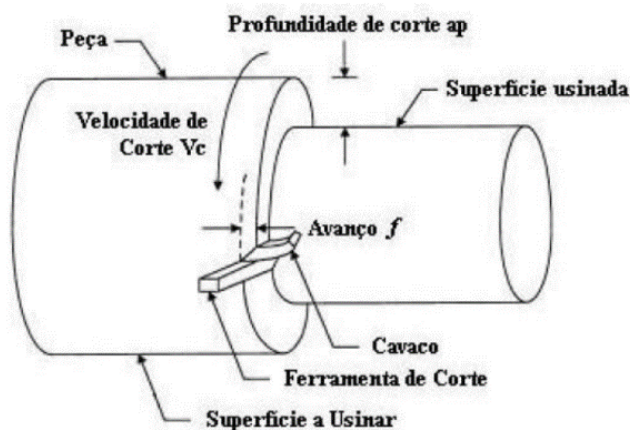


Figura 3 - Processo de usinagem torneamento.

Fonte: HOLZMANN, Henrique Ajuz, JUNIOR, Aldo Braghini, KOVALESKI, João Luis (2011).

Ele também pode ser executado com uma ferramenta ou com o uso de mais ferramentas chamadas de monocortantes. Conforme essas classificações, entre os chamados torneamento retilíneo, que são aqueles que a trajetória de deslocamento é em “linha reta”, há aqueles conhecidos como: torneamento cilíndrico, torneamento cônico, torneamento radial e perfilamento. Já os torneamentos curvilíneos a trajetória, como o próprio nome assevera, é curvilínea (DINIZ, 2014).

Ainda, segundo Diniz (2014), o torneamento pode ser subdividido, ou como ele diz “podem ser classificados ainda em torneamento de desbastes e torneamento de acabamento, esses também conferem as peças dimensões menores a acabamentos superficiais.

Já o fresamento, diferente do torneamento, tem a finalidade de tornar a superfície das peças planas ou retas, isso porque a composição da ferramenta que produz o corte, isto é, a remoção de cavaco, tem várias arestas e o movimento de aproximação deste é

mais lento. Outra característica referente a direção do movimento é que ele “é perpendicular ao eixo de rotação da ferramenta”, da mesma forma que “o movimento que produz a velocidade de corte é fornecido pela rotação da fresa (GROOVER, 2016). No fresamento a sua máquina/ferramenta é a fresadora e sua ferramenta de corte são a fresa e o disco de fresa. A figura 4 apresenta uma fresadora universal, mas há outras que apresentam dimensões variadas, seja passa uso em processos leves e outras para processos mais pesados (CASARIN, 2018).

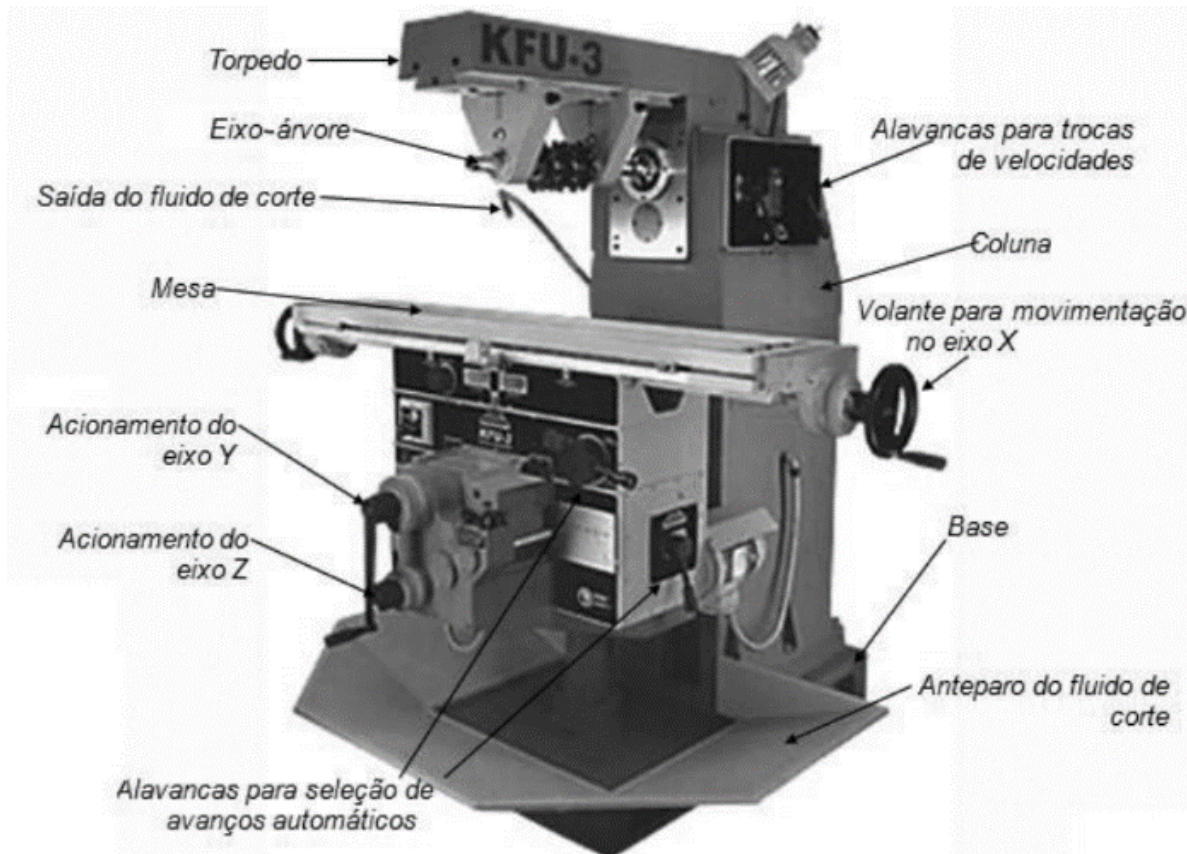


Figura 4 – Fresadora universal.
Fonte: Casarin (2018).

Casarin (2018) compara o funcionamento do processo de fresamento com o produzido por uma roçadeira, visto que há uma certa similaridade entre eles, uma vez que o movimento de rotação do trator em seu próprio eixo e o modo como executa a retirada da vegetação que está na terra, “avançando de forma longitudinalmente” muito se parece com o fresamento.



Figura 5 – Tipos de fresamento.
Fonte: Groover (2018)

Para Groover (2018) há dois tipos de fresamento que podem ser destacados, são eles: o fresamento periférico, também conhecido como tangencial e o fresamento frontal como mostra, respectivamente, a figura 5 que mostra como ocorre a rotação, o movimento de avanço.

Por outro lado, um dos mais distintos, e mais usado, é a usinagem por furação, onde sua máquina/ferramenta é a furadeira. De modo geral, ele é um processo que produz furos arredondados que podem ser alargados, podendo abrir ou dar acabamento às peças. A figura 6 mostra a ferramenta de corte (broca) e exemplifica o movimento de rotação e de avanço dessa (KIMINAMI, CASTRO E OLIVEIRA (2013)).

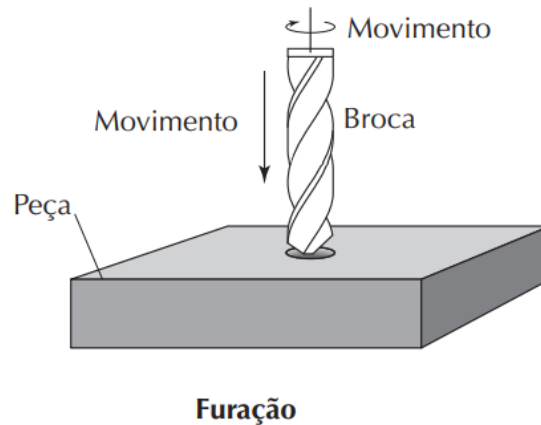


Figura 6 – Usinagem por furação
Fonte: Kiminami, Castro e Oliveira (2013).

Nesse sentido, Groover (2016) diz que a furação é um dos três processos de usinagem mais comum, assim como o torneamento, e o fresamento, isso porque ela está presente no dia a dia das pessoas, isto é, quando uma pessoa realiza um furo na parede ela está fazendo um processo de usinagem por furação.

Há ainda o Aplainamento que assim como o fresamento ele tem como característica produzir "superfícies planas, paralelas, perpendiculares e inclinadas". Por outro lado, o aplainamento se difere, pois o seu movimento pode ser produzido tanto pela ferramenta quanto pela própria peça, além desse movimento retilíneo ser alternado a peça ainda é posta contra a ferramenta. Há também uma variedade nos tipos, como mostra a figura 7, tendo assim o aplainamento de superfície, de guias, de rasgo de chaveta, de superfícies de revolução e de ranhuras em T (CASARIN, 2018).

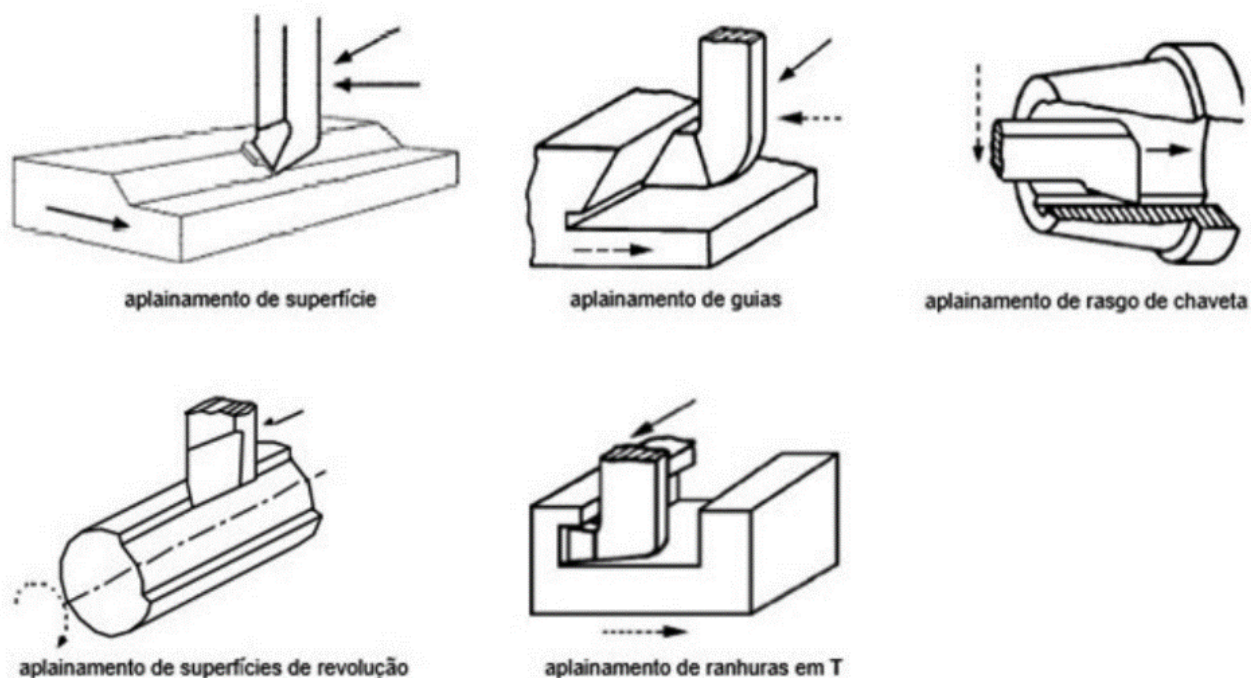


Figura 7 – Tipos de aplainamento.

Fonte: Casarin (2018).

Essa variação está ligada “às principais aplicações do aplainamento que são as seguintes: usinagem de bancada de máquinas, de peças fundidas de grande volume e de blocos matrizes, de rasgos de chavetas, entalhes e dentes de engrenagem de grande dimensão”. De modo geral, a sua máquina/ferramenta é a plaina limadora e sua ferramenta de corte é a pastilha de metal duro ou ferramentas de aço rápido (KIMINAMI, CASTRO E OLIVEIRA 2013).

De maneira oposta ao aplainamento o mandrilamento é produzido por uma espécie de ferramenta parecida como a fresadora e que mantém a peça estática, enquanto a ferramenta realiza todo o movimento. Tem como principais utilizações nos processos de “acabamento interno de furos cilíndricos e com perfis especiais” (MACHADO, 2009).

O mandrilamento é comumente usado em peças de grande porte, tem vantagem sobre o torno e o fresamento, pois é mais simples para a ferramenta usada nesse processo de usinagem, onde geralmente são menores em função dos locais em que será utilizado. A sua máquina de corte/ferramenta é a mandriladora que possui o mandril (haste) com ferramenta de corte acoplada (CASARIN, 2018).

Assim, tomando como base o que foi exposto, pode-se perceber as distinções dos processos convencionais de usinagem. Em suma, esses processos apresentam características que facilmente os diferenciam, como herança dos meios mais antigos, uma dessas distinções é também o que faz desse processo mais conhecido, isto é, a forma mecânica em que são operadas as ferramentas e máquinas utilizadas.

A remoção de cavaco, por sua vez, é também uma característica dos processos não convencionais, mas em relação aos outros processos de fabricação como fundição, soldagem, metalurgia do pó, entre outros, deve ser considerado, ainda mais quando se trata de vantagens e desvantagens. O que para alguns autores é muito relevante, pois trata dos

custos finais, do acabamento, do gasto com matéria prima, da resistência etc.

Entretanto, um dos pontos mais importante a serem salientados aqui, e que é possível observar no que foi descrito acima, é que há várias formas de se chegar a um resultado, ou seja, é possível obter produção e acabamento de peças utilizando processos de usinagem distintas, mas há aquelas em que por possuírem dimensões precisas, como da usinagem convencional, podem satisfazer mais.

Da mesma forma para alguns autores, estes mesmos processos exigem mais em sua produção, como a especialização da mão de obra, onde para alguns autores é um grande problema, pois a falta de técnica implica em perdas consideráveis. Alguns autores consideram, ainda, que esses processos dependem de experiência, pois em alguns casos são imprevisíveis.

Em contrapartida as distinções feitas pelo tipo de ferramenta e maquinário usado se mostram essenciais para aqueles que buscam resultados específicos, uma vez que cada um deles apresentam formas distintas e as vezes mais simples de na fabricação, com resultados bem semelhantes, como dito acima. Além disso um pode ser mais eficiente que o outro, ou até mais barato.

Também se destaca o fato de que alguns desses processos possam ser usados mais de um tipo de material, o que é um ponto muito positivo em relação a outros que só trabalham com um tipo de material. Para mais, este pode ser um sinônimo de um número maior, quando se trata de versatilidade dos tipos de peças.

Por fim, a usinagem não está à frente só nesse sentido, pode-se destacar que sua presença não está só no campo das grandes fábricas, ela está presente no dia a dia de casa, no artesanato etc.

3. CONCLUSÃO

Dessa forma podemos concluir que esses tipos de desgaste mecânico, isto é, dos processos convencionais de usinagem tem sim suas características que os distinguem, sendo elas as precisões nas dimensões, na possibilidade de uso de materiais distintos, na variabilidade de peças a serem produzidas (pequenas, médias e grandes), no acabamento, nas formas geométricas etc. Porém, conforme o que se pretende, pode ser usado mais de um tipo de usinagem, sendo a escolha feita com o que for mais conveniente e mais barato.

Logo, para atingir seus resultados é preciso fazer a análise de cada um deles para ter um bom resultado na produção. Alguns, por exemplo, podem precisar de mão de obra especializada e outros pode ser feita em casa, da mesma forma que uns fazem o mesmo tipo de acabamento, mas o material a ser usado pode ser específico para um e para outro haver mais de uma possibilidade.

Referências

CASARIN, Samuel José. **Manufatura Mecânica: Usinagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. Londrina, 2018.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Artliber Editora, 2014.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Blucher, 1970.

GROOVER, Mikel P. **Introdução aos PROCESSOS DE FABRICAÇÃO**. Tradução de Anna Carla Araujo. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HOLZMANN, Henrique Ajuz; JUNIOR, Aldo Braghini; KOVALESKI, João Luis. **Estudo da confiabilidade da ferramenta de corte no processo de torneamento**. I Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: < <http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2011/anais/artigos/Gestao%20da%20producao/Gestao%20de%20Sistemas%20de%20Producao/A528.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2021.

KIMINAMI, Claudio Shyinti; CASTRO, Walman Benício de; OLIVEIRA, Marcelo Falcão de. **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo: Blucher, 2013.

MACHADO, Álisson Rocha. et al. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Blucher, 2009.



CAPÍTULO 15

UTILIZAÇÃO DA IMPRESSORA 3D NA INDÚSTRIA E OS IMPACTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

*USE OF 3D PRINTERS INDUSTRY AND IMPACTS ON THE
MANUFACTURING PROCESS*

Rômulo Pinheiro de Araújo¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A impressão 3D é uma tecnologia que não é tão nova no mercado, tendo a sua origem por volta do ano de 1980, pelo médico Hideo Kodama e só patenteada três anos depois, pelo engenheiro Charles Hull, que enxergou no processo uma oportunidade de mercado. Dessa forma, os equipamentos foram evoluindo de acordo com o avanço da tecnologia, dando origem a novos processos, como sólidos derretidos, líquidos solidificantes, pós de fusão e, os mais específicos, do tipo modelagem multijato (MJF), fabricação de filamento fundido (FFF), aditivo a laser seletivo e processamento de luz digital (SLA e DLP). Tendo em vista a versatilidade e custo reduzido, muitas áreas fazem uso dessas impressoras como meio de fabricação, aplicando inicialmente na prototipagem e posteriormente na construção de peças prontas. Outros setores já fazem a aplicação dessa tecnologia, como ocorre com o ramo alimentício e na área médica, com a criação de próteses. Pode verificar-se, por meio da análise das revistas, matérias especializadas, sites e livros aqui apresentados, o enorme potencial dessa tecnologia, ao passo que a rápida integração e fácil aceitação se dá graças às vantagens proporcionadas por ela, pois garante economia de tempo e material, assim como a segurança dos técnicos que não terão contato direto com materiais e ferramentas. Somado a isso, pôde-se notar que os objetos criados se tornam mais complexos, bem acabados, baratos e fáceis de serem produzidos.

Palavras-chave: Impressora 3D, Processo de Fabricação, Protótipo, Indústria, Manufatura Aditiva.

Abstract

3D printing is a technology that is not so new on the market, having its origin around the year 1980, by the doctor Hideo Kodama and only patented three years later, by the engineer Charles Hull, who saw in the process a market opportunity. In this way, the equipment evolved according to the advancement of technology, giving rise to new processes, such as molten solids, solidifying liquids, melting powders and, more specifically, multi-jet modeling (MJF), fused filament manufacturing (FFF), selective laser additive and digital light processing (SLA and DLP). In view of the versatility and reduced cost, many areas make use of these printers as a means of manufacturing, applying initially in prototyping and later in the construction of ready-made parts. Other sectors are already applying this technology, as in the food industry and in the medical field, with the creation of prostheses. By analyzing the magazines, specialized articles, websites and books presented here, the enormous potential of this technology can be verified, while the rapid integration and easy acceptance is due to the advantages provided by it, as it guarantees time savings. and material, as well as the safety of technicians who will not have direct contact with materials and tools. Added to this, it was noted that the objects created become more complex, well-finished, cheaper and easier to produce. The abstract must have a maximum of 250 words, in Times New Roman font, size 12, justified, simple intervals between lines. The abstract must express, in a coherent and clear way, the main points of the article. It must be preceded by at least 3, and a maximum of 5 key-words, divided by comas, as this model presents.

Keywords: 3D Printing, Manufacturing Process, Prototype, Industry, Additive Manufacturing.



1. INTRODUÇÃO

Com a crise enfrentada por todos os setores da indústria, somado a escassez de matéria prima, surgiram novas alternativas visando suprir essa necessidade, assim o processo que mais se destacou no cenário mundial foi a impressão 3D, tecnologia essa que, a grosso modo, consiste na modelagem do projeto inicial em um programa de computador (normalmente CAD – Computer-aided design), onde serão feitos os ajustes e reparos, por um técnico especializado que, após isso, envia para a impressora 3D, que executa a impressão do projeto, economizando material e tempo usado na produção de protótipos por meios convencionais.

Não é uma tecnologia tão nova, no entanto a sua recente popularização proporcionou novas visões de negócio e novas possibilidades, tornando possível sua aplicação em diversas áreas, como no caso das indústrias, onde foi possível apresentar uma tecnologia promissora, principalmente quando aplicada no processo de fabricação, antecipando com precisão as inviabilidades ou imperfeições dos projetos trabalhados, garantindo uma considerável economia.

Inicialmente a prototipagem foi área de melhor aplicação dessa tecnologia, pois o protótipo é o reflexo da ideia que busca suprir a necessidade de um público, sendo capaz de criar novas tendências de mercado e, com base nessas informações, esse trabalho tem por objetivo contribuir como um ponto de partida para pesquisas mais aprofundadas acerca da viabilidade e vantagens da integração das impressoras 3D nas etapas de fabricação.

Para compreensão significativa, apresenta-se como problema: o que é a impressão 3D e como está a sua aplicação na indústria como uma etapa no processo de fabricação?

O referido trabalho tem como objetivo geral analisar e dissertar acerca dos impactos e influência causados pela implementação do método de impressão 3D na indústria e, como objetivos específicos, abordar sobre o surgimento da impressora 3D com ênfase na sua evolução e aplicação, apresentar a implementação da impressão 3D na indústria e o novo mercado voltado para essa área, apontar as vantagens e desvantagens do uso da impressora 3D nas etapas de fabricação da indústria.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A execução desse trabalho se deu por meio da revisão de literatura, tendo como fonte artigos acadêmicos, revistas, sites como google acadêmico, scielo e livros. O período do material utilizado como base foi de trabalhos publicados nos últimos 20 anos, já que se trata de um tema que vem sendo desenvolvido e aprimorado. Para complementar e auxiliar no desenvolvimento deste trabalho, foi feito o acompanhamento de um exemplar de impressora 3D *desktop*, disponível na instituição Faculdade Pitágoras, durante um evento

voltada para o tema.

2.2 Resultados e Discussões

2.2.1 O que é uma impressora 3D

No que afirma Takagaki (2012 p.28), a impressão 3d, no que se refere a definição mais básica da sua execução, são tecnologias que "(...) baseiam-se no princípio de executar diversos fatiamentos da figura, geralmente na horizontal, obtendo uma fina camada da figura que é impressa através do processo de deposição de materiais das partes sólidas", o que descreve, com um certo grau de exatidão, a forma como a impressora criará o objeto idealizado.

Segundo a AutoDesk (2022), criadora dos principais softwares voltados para esse ramo, a impressão 3D, também conhecida inicialmente como manufatura aditiva, é um conjunto de processos responsável pela fabricação de objetos por meio da adição de material em diversas camadas que compõem a seções transversais sucessivas de um modelo 3D. As ligas metálicas e o plástico são os materiais mais comumente usados para esse processo, no entanto, a lista de materiais é bem extensa e variada, partindo do concreto e até tecido vivo.

Além disso, as impressoras 3D são máquinas multifuncionais que: não requerem modificações do sistema em novos designs; simplificam a criação de estruturas complexas; produzem muito menos resíduos; e não precisam de ferramentas adicionais. De maneira mais técnica, a impressão tridimensional pode ser descrita como um sistema de impressão por manufatura aditiva, já que a matéria-prima usada no processo é adicionado gradualmente em várias camadas, até completar o formato do objeto final (MORANDINI, 2020 p. 68).

Assim, segundo a 3DLab (2019), referência em impressão 3D, essa tecnologia torna-se uma das vertentes naquilo que é conhecido como indústria 4.0, pois a fabricação digital, ou fabricação aditiva, como também é conhecida, tem relação direta e afeta as etapas do processo de fabricação, produção e até mesmo a vida em si. Diversos setores são afetados pela crescente dessa tecnologia, seja na criação de próteses, guias médicos, peças de engenharia, alimentos e objetos de decoração.

No que conclui Mello (2017), a zona de atuação do processo de impressão 3D é tão vasta que já pode ser encontrado de objetos que tem a fabricação destinada a educação, passar por peças voltadas para o setor automotivo e aeroespacial, além de chegar até na criação de objetos voltados para a área da saúde, possibilitando assim a revolução do atual mundo de diagnósticos e cirurgias, fazendo a reprodução dos designs mais simples aos mais complexos e arrojados.



2.2.2 Surgimento da impressão 3D

De acordo com Lonjon (2017), a história em torno do processo de impressão 3D vem de algumas décadas atrás, sendo mais específico, gira em torno de 1980, quando o médico japonês dr. Hideo Kodama, do Instituto Municipal de Pesquisa Industrial de Nagoya, apresentou o seu sistema de prototipagem rápida solicitando a sua patente, tecnologia essa descrita como uma "cuba de material fotopolímero, exposta a uma luz UV, que endurece uma peça e constrói um modelo em camadas". O dr. Hideo Kodama visava um método que fosse capaz de criar modelos através de fotopolímero, uma resina que quando exposta a cargas de luminosidade, era capaz de modificar a estrutura química, com o intuito de tornar a peça firme e rígida. O dr. Hideo Kodama, no entanto, teve como resultado a recusa do registro de patente do seu projeto.

Assim, no que afirma Turney (2021), a semente foi plantada e posteriormente, em 1982, a Raytheon, uma fabricante de eletrônicos e defesa, registrou uma patente que tinha como foco usar metal em pó na adição de camadas em um objeto. Já no ano de 1984, o empresário Bill Masters fez o registro de uma patente para um processo chamado *Computer Automated Manufacturing Process and System*, fazendo a menção do termo impressão 3D pela primeira vez.

Em seguida, por volta do ano de 1983, segundo afirma Lonjon (2017), foi a vez de Charles Hull, um engenheiro norte americano formado em 1961 pela Universidade do Colorado, criar a sua versão de impressão 3D, graças a demora na produção de produtos plásticos, que ocasionavam espera e gastos desnecessários. Charles Hull, naquele momento, trabalhava com luz ultravioleta, aplicando camadas finas de plástico sobre móveis e mesas e, uma peça, por mais simples que fosse, demorava algo em torno de 2 meses para ficar pronta.

Assim, no que diz Turney (2021), depois de todos esses começos, Charles Hull pode ser considerado como a primeira pessoa que realmente construiu uma impressora 3D, tendo como base a sua patente para curar fotopolímeros por meio de radiação, partículas, uma reação química ou lasers. O seu projeto fez o envio de dados espaciais de um arquivo produzido em um computador para a extrusora de uma impressora 3D efetuando a construção do objeto camada por camada. O funcionamento desse processo de impressão pode ser analisado e entendido com base na sua patente registrada.

Ainda no que afirma Turney (2021), Hull fundou a primeira empresa do mundo voltada para a impressão 3D, a *3D Systems Corporation* e, por meio dela, no ano de 1987, lançou a primeira máquina de aparelho estereolitográfico (SLA) do mundo, o *SLA-1*. Máquina essa que tornou possível a fabricação de peças complexas por meio da sobreposição de camadas, em uma fração do tempo que normalmente levaria. Assim, Hull registrou mais de 60 patentes relacionadas a tecnologia, vindo a se tornar o padrinho do movimento de prototipagem rápida e inventando o formato de arquivo STL ainda usado hoje.

A *SLA-1* foi um grande avanço no que se refere ao próprio processo de manufatura aditiva, ou impressão 3D, além de um marco significativo na evolução dos processos de fabricação, apesar de ser um equipamento relativamente simples.

Assim, Turney (2021) ainda afirma que todo o movimento, em especial o impulso

para tornar possível o uso do consumidor, partiu do paradigma de código aberto que varre o setor de tecnologia da informação e comunicação (TIC). No ano de 2005, o *RepRap Project* de Adrian Bowyer lançou uma iniciativa de código aberto que possibilitada a criação de uma impressora 3D que pudesse se construir sozinha, ou pelo menos imprimir a maioria das próprias peças.

Por fim, Turney (2021), conclui que hoje, a manufatura aditiva já é uma tecnologia madura e o interesse do consumidor somado a robustez das plataformas industriais cresceram ao longo da década de 2010, à medida que o a indústria encontrou um ritmo. Alguns esperam que o aditivo substituirá a fabricação tradicional de CNC e fresagem no futuro, um relatório da *Lux Research*, de 2021, estima que a impressão 3D valerá US\$ 51 bilhões até 2030.

2.2.3 O funcionamento desse tipo de impressão

No que afirma Matsuura (2013), é possível fazer a aplicação de duas técnicas na criação do molde que será impresso. A primeira é a criação do objeto 3D em um software do tipo CAD, mas para isso é necessário ter um conhecimento mais aprofundado sobre o software que será usado e também modelagem digital. Já a segunda técnica torna possível obter o molde por meio do escaneamento do objeto que será impresso. Esse processo de escâner pode ser executado fazendo o uso de um kinect4, tablet ou smartphone, tendo em vista a intenção de fazer algo menos profissional.

Logo, as técnicas para produzir objetos em três dimensões partem de um mesmo princípio. Primeiramente, é necessário ter um modelo tridimensional do objeto em meio digital. Através dos *softwares* de CAD (*Computer Aided Design*), o objeto é desenvolvido e preparado para ser impresso. A impressora ligada ao computador que possui o software utiliza um dispositivo mecânico para dispor e unir minúsculas partículas de um ou mais materiais em finas camadas. Essas camadas são sobrepostas uma a uma, assim formando o objeto desejado, podendo ele ser oco ou maciço (MATSUURA, 2013).

Tendo em vista isso, em seu funcionamento, a cabeça de extrusão com movimentos nos eixos X-Y, posicionada sobre uma mesa com movimentos no eixo Z, recebe continuamente o filamento, aquecendo até o ponto semilíquido ou pastoso. O próprio filamento de material sendo tracionado funciona como êmbolo no início do sistema de extrusão para expulsar o material por um bico calibrado, quando o filamento fino do material entra em contato com o material de superfície da peça, ele se solidifica e adere à camada anterior. A mesa, que é constituída de um mecanismo elevador desloca no eixo Z o valor referente à espessura de uma camada a ser depositada sendo repetido até que a peça seja totalmente impressa. Devido à importância e à potencialidade, que derivam da grande economia em tempo de fabricação e capacidade para fabricar geometrias complexas, o aparecimento da RP pode ser considerado um marco em termos de tecnologias de manufatura. (VOLPATO, 2006, p. 66).

Gibson (2009) acrescenta, baseado na sua visão, que se pode dividir as etapas necessárias para a execução de uma impressão 3D, ou manufatura aditiva, como o mesmo menciona, em oito partes, são elas:



- Criação do projeto via CAD (*Computer-aided design*): processo que consiste na modelagem da geometria da peça, gerando um modelo numérico. Nessa etapa pode-se aplicar uma vasta gama de softwares profissionais do tipo CAD ou até a engenharia reversa, por meio do uso de scanners.
- Converter o modelo em STL (*Surface Tessellation Language*): essa etapa consiste na conversão do projeto para uma linguagem aceita em quase todos os equipamentos de impressão, é também a linguagem padrão da indústria.
- Transferência para a máquina de impressão e manipulação do arquivo: por fim será feito os últimos ajustes corrigindo o tamanho, posicionamento e orientação da peça.
- Configuração do equipamento: pode haver a necessidade de definir e ajustar alguns parâmetros do equipamento, entre espessura das camadas e outros fatores.
- Produção: a produção por manufatura aditiva é automatizada, com baixa necessidade de supervisão humana direta; esta serve ocorre basicamente para garantir o suprimento de materiais, a descarga da máquina e para prevenir/atuar em eventuais problemas.
- Remoção da peça: após o término da produção, a peça criada pode ser retirada da máquina.
- Pós-processamento: em seguida, pode ser necessário executar medidas adicionais, como retirar a estrutura de suporte da peça na impressão e também a limpeza. Esse tratamento pode ser necessário para dar um melhor acabamento ao produto, garantindo as características exigidas no projeto inicial.
- Aplicação: nessa etapa a peça já está finalizada e pronta para ser aplicada.

Dessa forma, no que afirma Anderson (2012), com a constante evolução dessa tecnologia, já é possível fazer a impressão até mesmo de órgãos humanos com células vivas, além de aparelhos dentários e próteses ortodônticas que são feitas partindo de um molde proveniente da boca do paciente. Já foi feita a substituição de mandíbulas completas por uma prótese impressa usando titânio. Já, no que diz respeito a área da engenharia e arquitetura, a impressão 3D é usada na criação de maquetes de casas e prédios. Objetos são impressos para serem usados na prototipagem em todo tipo de dispositivo e em diversas áreas.

E, segundo Cunha (2013), além do processo de elaboração do objeto no software de design e das ferramentas que são necessárias para que o mesmo seja impresso, outro item é de extrema importância para que o processo de impressão 3D ocorra, trata-se das matérias-primas, que ao serem depositadas gradativamente, por meio de camadas, darão origem ao produto final.

2.2.4 Principais tipos de impressão

Segundo Sohi (2021) a tecnologia de impressão 3D e manufatura aditiva opera de diferentes formas. São elas:

1. Sólidos Derretidos

Essas tecnologias aditivas essencialmente reconstituem um material “completo” (como um carretel) em uma nova forma, derretendo e formando camadas em uma nova forma. Há toda uma gama de tecnologias de manufatura aditiva que dependem do derretimento de um material e da extrusão de um bico ou efetor de algum tipo.

2. Líquidos Solidificantes

Esse processo de tecnologia de manufatura aditiva é o inverso total da fusão de sólidos. Baseia-se, normalmente, em resinas ou polímeros fotossensíveis, essas impressoras 3D geralmente funcionam aplicando um laser ou uma projeção para solidificar um filme fino da resina em um objeto sólido.

3. Pós de Fusão

É talvez o formato de tecnologia mais conhecido, funcionando exatamente como o nome sugere. O material com o qual se trabalha é um pó em seu formato “cru” que se funde por meio de um agente ligante ou derretendo o material com uma fonte de calor.

Ainda, no que afirma Sohi (2021), baseado nos métodos de fabricação de objetos aditivamente, citados anteriormente, existem os métodos mais específicos, como:

4. Modelagem multijato (MJF)

A *Multi Jet Fusion* cria peças de nylon por meio do sistema de jato de tinta semelhante ao que é apresentado em uma impressora de papel comum. No entanto, o cabeçote de uma máquina de fusão multijato é consideravelmente mais complexo do que um cabeçote de impressora comum, enviando material e agentes de ligação. O MJF proporciona um acabamento e propriedades de material muito mais consistentes do que suas contrapartes de Sinterização Seletiva a Laser.

5. Fabricação de filamento fundido (FFF)

Por esse processo fabricam-se produtos com um carretel de plástico que, por meio do acionamento da extrusora de extremidade quente, derrete o plástico em forma líquida, que é então disposta em um padrão que é uma fatia do objeto.

6. Aditivo a laser seletivo e Processamento de luz digital (SLA e DLP)

Essas impressoras 3D usam um tanque de resina fotossensível, com o objeto sendo feito passando um laser sobre a camada para solidificar a resina no lugar. O DLP difere do SLA ao projetar toda a camada de imagem usando um projetor em vez de um laser.



Indiscutivelmente, o DLP é mais rápido, pois toda a camada é projetada de uma só vez em vez de usar um laser para rastrear, mas novamente há compensações, geralmente em torno do acabamento da superfície.

7. Sintetização direta a laser de metal (DMLS)

É um processo de manufatura aditiva relativamente novo em relação a outros processos de sinterização a laser. Funciona usando de forma semelhante ao SLS, por meio de um laser para fundir pó metálico. Normalmente usados para criar protótipo peças complexas e fabricar produtos personalizados em massa, o DMLS permite que sejam fabricadas peças muito mais fortes.

8. Deposição de energia direta (DED)

Pode ser entendida como a contraparte metálica da FFF para plásticos. As máquinas DED fazem uso de um pó ou um fio (não muito diferente de um carretel de plástico) para aquecer o metal no ponto de extrusão e depositá-lo com um bico.

9. Materiais necessários para a impressão

Já é possível utilizar diversos materiais, como ferro, aço, ouro, diversos polímeros, vidro e chocolate. Em âmbito doméstico, são produzidos pequenos objetos, como capas para celulares, pequenos vasos de plantas, xícaras, entre outros. Já os produtos desenvolvidos por empresas e indústrias, que utilizam impressoras com maior capacidade e softwares mais avançados, podem ser desde peças para automóveis e roupas até próteses médicas de alta qualidade (CUNHA, 2013).

2.2.5 A Impressão 3D na Fabricação de Produtos

Dessa forma, a Rodojacto (2020), aponta para a redução de custos proporcionados pela impressão 3D, assim como a possibilidade de personalizar ser ainda maior, trazendo escalabilidade em prototipagem e desenvolvendo equipamentos, facilitando a execução dos processos nas linhas de produção. Dentre os fatores citados, o uso da impressora 3D também otimiza o fluxo dos processos. Já é uma tecnologia muito usada e, na prática, é possível acompanhar a sua aplicação em setores como:

- indústria automotiva: a empresa do ramo automobilístico *MAN Latin America* (uma das principais fornecedoras de veículos comerciais) incorporou a impressão 3D na execução da correção de projetos, com ótimos resultados inicialmente. A própria montadora registrou redução de até 80% nos custos voltados para o desenvolvimento de peças e modelos, já que é possível imprimir qualquer protótipo em um tempo mais curto e sem a necessidade do uso de ferramentas específica.
- Ortopedia: a impressão 3D já é aplicada na produção de palmilhas ortopédicas, feitas sob medida pela maior empresa nacional voltada para esse ramo, possibilitando a criação de produtos personalizados por meio de modelos escaneados a

partir dos pés do cliente que solicita;

- Indústria Óptica: A Proto Eyewear, empresa norte-americana voltada para o ramo, cria óculos exclusivamente para determinado cliente, usando fotos do seu rosto para efetuar a customização.
- indústria de calçados: o tempo de gasto para a criação do protótipo de um calçado, algo em torno de uma semana, levou a Alpagartas a adotar a impressão 3D. Dentre as diversas possibilidades, permitidas pela tecnologia 3D, a criação de solados com múltiplas características passou a ser desenvolvida em apenas um dia.

De acordo com o que afirma a Knaulf Industries (2020), referência na fabricação de peças automotivas de plástico, grandes empresas como BMW, Volkswagen, Land Rover e Jaguar, estão fazendo uso da tecnologia 3D na construção dos seus veículos, buscando a redução de peso e do custo de produção.

A kanaulf industries (2020) continua apontando que em 2015 a Audi criou um design de impressão 3D com o intuito de suprir a necessidade de produção e envio de determinadas peças pelo mundo todo. Assim, a impressão baseada na demanda elimina a necessidade de produzir determinados componentes em série, fazendo a economia no custo da manutenção e da infraestrutura, podendo ser aplicado em peças voltadas para a reposição.

Segundo a Mais Polímeros (2020), a integração da impressão tridimensional na indústria, que está cada vez maior, garante uma maior evolução tornando o processo ainda mais eficaz e inteligente. Tudo isso vem ao encontro das tendências da Indústria 4.0, que visa uma produção mais eficiente e customizada, também chamada de Quarta Revolução Industrial.

Já Chuck e Thomson (1998), apontaram a importância da aplicação da tecnologia 3D na criação de protótipos para serem usados nos testes em túneis de vento na indústria aeroespacial.

Chua, Leong e Lim (2010), complementa identificando cinco possíveis aplicações dos protótipos feitos pela impressão 3D:

- Experimentação e aprendizado: esclarecimento de possíveis dúvidas que podem surgir no decorrer do desenvolvimento de determinado produto.
- Teste e validação: aplicado na etapa inicial da criação do produto, onde é cabível o teste e comparação de diferentes mecanismos com o intuito de analisar e em seguida aplicar qual melhor supre as necessidades apresentadas.
- Comunicação e interação: etapa de demonstração dos conceitos e do próprio funcionamento do produto para o público.
- Síntese e integração: junção das peças com o intuito de avaliar o funcionamento em conjunto, se será possível ou viável.

- Marcadores de cronograma: garante o cumprimento do cronograma de criação do produto, sendo uma espécie de marcador a medida que as etapas são finalizadas. Apresentam os resultados de cada etapa, servindo também na avaliação dos gerentes, para que seja analisado a viabilidade da criação do produto, se deve prosseguir ou não.

Já na saúde, a aplicação, como afirma Volpato (2017), é feita em diversas áreas e aplicações médicas, por meio da reconstrução digital 3D, como a criação de biomodelos, moldes e ferramentais, guia cirúrgicas, auxiliando no planejamento de cirurgias, no processo de transição do transoperatório e na criação das próteses.

Segundo o Ministério da Saúde (2021), o Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (INTO) vem confeccionando a produção de próteses em impressora 3D para pacientes que têm amputações abaixo do cotovelo (modelos transradiais) e parciais de mão para adultos. Esses tipos de modelos só estavam disponíveis para pacientes infantis até o mês de fevereiro deste ano.

A processo de impressão 3D abriu uma infinidade de possibilidades em diversos setores e é inegável que a tendência é ser ainda mais explorado à medida que a tecnologia avança.

2.2.6 Vantagens da Aplicação da Impressão 3D

Baseado no que afirma a Printit3d (2021), a plena compreensão das vantagens criadas pela impressão tridimensional, possibilita a tomada de medidas cabíveis e melhores decisões durante o processo de fabricação. Dessa forma lista as principais vantagens em:

1. Velocidade: é tida como a principal vantagem, já que em uma comparação direta com os métodos convencionais de fabricação, ela leva uma larga vantagem graças ao seu modo de operação, onde o projeto pode ser verificado e alterado rapidamente.

O custo e orçamento é dividido em 3 categorias. Na primeira, o custo de funcionamento da máquina, onde grande parte das impressoras 3D mais compactas, conhecidas como desktop, tem o consumo de energia equivalente ao de computadores, exigindo um custo baixo se levado em consideração o produto final. Em seguida o custo de materiais, no qual pode variar pois não existe apenas um tipo de impressora 3D, no entanto, pode-se afirmar, com base em pesquisas de mercado realizadas pela Printit3D, que o nylon, usado em impressoras SLS, são os mais caros, seguidos pela resina das SLA, em terceiro vem as bobinas de filamento usadas nas impressoras FDM e, por fim, as partículas injetadas são as mais baratas. E por fim o Custo de mão de obra: é uma das maiores vantagens, pois exige apenas um ou dois operadores, pois o processo de criação da peça, executado pela máquina, é automatizado. Assim exige um custo baixo.

2. Personalização: além de permitir uma maior liberdade no design, possibilita a personalização do projeto. Muito usado na indústria médica e odontológica, com a criação de próteses personalizadas, implantes e aids dental. Também usada na

criação de equipamentos esportivos de alta qualidade, óculos de sol, entre outros.

3. Redução de risco: graças a automatização de grande parte do processo de fabricação, o designer não precisa estar em contato direto com ferramentas ou equipamentos que ofereçam riscos a sua saúde.

Complexidade e liberdade de design: os métodos tradicionais são limitados, tanto no processo de fabricação quanto nos tipos de materiais e produtos que podem ser fabricados. Na impressão 3D, inicialmente, pode haver algumas restrições quanto ao tamanho do projeto, no entanto, o designer tem mais liberdade no processo de criação do produto, além de uma vasta gama de ferramentas disponíveis via *software*.

4. Sustentabilidade e desperdício: normalmente, uma impressora 3D usa apenas a quantidade de material que é necessário na criação da peça, além de ser possível reciclar a maioria da matéria prima usada durante os processos, podendo até ser reutilizada em projetos posteriores, reduzindo o desperdício.

Ainda no que afirma a Printit3D (2021), levando em consideração a produção de protótipos, onde é feita a verificação da montagem e formas do objeto criado, é mais viável e barato a aplicação da impressão 3D do que o uso de outros métodos de fabricação, o que o torna competitivo no quesito fabricação de peças que sejam funcionais e também descartáveis, dessa forma, tornando as impressoras 3D complementos para as indústrias de fabricação.

3. CONCLUSÃO

Com base na análise promovida no decorrer da pesquisa, conclui-se que a impressão 3D veio para substituir os processos de fabricação tradicionais na indústria, deixando claro que é um método superior a qualquer outro antes empregado, tendo em vista todas as vantagens de sua aplicação, partindo da conceitualização do produto até a construção do protótipo, etapas em que o seu uso se mostra fácil e eficiente, garantindo uma maior economia financeira e de matéria prima.

Ademais, dentre as etapas da criação do produto, a prototipagem é aquela em que o impacto foi mais significativo, tendo em vista que, por se tratar da etapa onde as ideias são aplicadas e está aberto para a tentativa e erro o processo de impressão 3D se encaixa perfeitamente, já que com o auxílio da impressora 3D, é possível ter uma perspectiva daquilo que pode ser o produto final em uma escala reduzida, evitando gastos adicionais e acelerando o processo de fabricação.

Portanto, é evidente que a impressão 3D é melhor que os meios de fabricação tradicionais, graças ao sucesso da sua expansão para outras áreas, como na área médica com a confecção de próteses para membros amputados, próteses ortodônticas e até mesmo na indústria automotiva com a fabricação de peças para os veículos, promovendo um impacto na forma em que os objetos são fabricados somado ao nível de personalização permitido, garantindo também o surgimento de novas empresas voltadas especificamente para esse ramo.



Dessa forma, é notório o fato de que a impressão 3D ainda tem muito o que entregar no ramo da indústria e demais setores, além da evolução onde já é aplicada. Para isso é necessário investimentos e estudos para a melhoria dos equipamentos, que como qualquer máquina tem suas limitações que impedem um desempenho ainda maior na fabricação, além da capacitação de profissionais, já que o investimento necessário é inferior aos métodos tradicionais. Assim a tendência é que essa tecnologia seja integrada cada vez mais como um meio de fabricação..

Referências

3DLAB. **O que é impressão 3D?** Conheça a tecnologia de impressoras 3D!, 2019. Disponível em: <https://3dlab.com.br/impressao-3d-o-que-e/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

ANDERSON, Chris. *Makers: a nova Revolução Industrial*. 1. ed. [S. l.]: **Elsevier**, 2012. 304 p. v. 1. ISBN 8535239545.

AUTODESK. **Impressão 3D**. 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-printing>. Acesso em: 19 mar. 2022.

CHUA, Chee Kai; LEONG, Kah Fai; LIM, Chu Sing. *Rapid Prototyping: Principles and applications*. Cingapura. **World Scientific Pub Co Inc**, 2003.

CHUCK, R. N.; THOMSON, V. J. A comparison of rapid prototyping techniques used for wind tunnel model fabrication. **Rapid Prototyping Journal**, v. 4, n. 4, p.185-196, 1998.

CUNHA, Hugo Anciães da. **Impressoras 3D: o direito da propriedade intelectual precisará alcançar novas dimensões?**. Orientador: Marília Ferreira Maciel. 2013. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito) - Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2013.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive manufacturing technologies: rapid prototyping to direct Digital manufacturing**. Nova York: Springer, 2009.

INDUSTRIES, Knaufl. **Revolução da tecnologia 3D na indústria automotiva**. 30 abril 2020. Disponível em: <https://knaufautomotive.com/pt-br/tecnologia-3d-no-setor-automotivo/>. Acesso em 02 abr. 2022.

LONJON, Capucine. **The history of 3D printer: from rapid prototyping to additive fabrication**. Sculpteo, 1 mar. 2017. Disponível em: <https://bit.ly/2XdHhER>. Acesso em: 18 mar. 2022.

MATSUURA, S. **Brinquedos, carros e casas impressos em 3D**. O globo, Rio de Janeiro, 7 abr. 2013. Disponível em: <https://goo.gl/Ctmm6f>. Acesso em: 22 mar. 2022.

MELLO, Silvia T. **Influência do tipo e da técnica de aplicação de agente infiltrantes na resistência mecânica de componentes produzidos por manufatura aditiva (3DP)**. 2017. Dissertação de Mestrado (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3e52XtI>. Acesso em: 30 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia. **Próteses de Impressora 3D oferecem novas possibilidades de tratamento para pacientes do INTO**. Brasília-DF: 5 ago. 2021. Disponível em: <https://www.into.saude.gov.br/area-de-imprensa/noticias/810-into-desenvolve-tratamento-para-deformidade-nos-dedos-que-dispensa-cirurgia-2>. Acesso em: 5 abr. 2022.

MAIS POLÍMEROS. **Impressão 3D na indústria 4.0: entenda essa revolução tecnológica**. [S. l.], 30 jan. 2020. Disponível em: <https://maispolimeros.com.br/2020/01/30/impressao-3d/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

MIRANDA MORANDINI, M.; DEL VECHIO, G. H. **IMPRESSÃO 3D, TIPOS E POSSIBILIDADES: uma revisão de suas características, processos, usos e tendências**. Revista Interface Tecnológica. 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/866>. Acesso em: 13 abr. 2022.

3DSYSTEMS. **Nossa História**. In: 3DSYSTEMS. Nossa História. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://>

br.3dsystems.com/our-story. Acesso em: 18 mar. 2022.

PRINTIT3D. **Prototipagem com impressão 3D:** Vantagens, benefícios e exemplos. [S. l.], 21 jan. 2021. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/prototipagem-com-impress%C3%A3o-3d-vantagens-e-benef%C3%ADcios>. Acesso em: 23 mar. 2022.

PRINTIT3D. **Vantagens e Benefícios da impressão 3D.** [S. l.], 18 jan. 2021. Disponível em: <https://www.printit3d.com.br/post/vantagens-e-benef%C3%ADcios-da-impress%C3%A3o-3d>. Acesso em: 5 abr. 2022.

RODOJACTO. **Impressão 3D e o impacto na indústria 4.0.** 07 julho 2020. Disponível em: <https://transporte.rodjacto.com.br/impressao-e-o-impacto-na-industria/>. Acesso em: 03 abr. 2022.

SOHI, Poria. **Entendendo a Tecnologia e Processos de Manufatura Aditiva.** 10 fevereiro 2021. Disponível em: <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/understanding-the-different-additive-manufacturing-processes/>. Acesso em: 22 mar. 2022.

TURNEY, Drew. **História da impressão 3D:** é mais antiga do que você pensa. 31 agosto 2021. Disponível em: <https://redshift.autodesk.com/history-of-3d-printing/>. Acesso em 21 mar. 2022.

TAKAGAKI, L. K. Tecnologia de impressão 3D. **RIT: Revista Inovação Tecnológica.** São Paulo, 2012.

VOLPATO, N. **Prototipagem rápida:** tecnologias e aplicações. São Paulo: Blücher, 2006.



CAPÍTULO 16

REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL

INDUSTRIAL REFRIGERATION

Renato Fagner Carneiro Silva¹

Lucas Cuevas²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O resfriamento é extremamente importante para os sistemas sociais e industriais, este é composto por muitas variações e cada uma com determinada aplicação, podendo ser na facilidade do processo, em indústrias químicas, petroquímicas, frigoríficos ou supermercados. A verdade é que, sem os sistemas de refrigeração, grande parte dos alimentos consumidos hoje em dia estragariam, ou os equipamentos eletrônicos deixariam de funcionar, trazendo prejuízo tanto para o fornecedor, quanto para o cliente. Este trabalho aborda todos os requisitos de estudo de Refrigeração Industrial, pois fornece uma compreensão da importância do resfriamento em sistemas industriais e sua relevância para a indústria. O mesmo exigiu uma revisão bibliográfica de fontes como livros e publicações acadêmicas em formato impresso ou virtual. Nestas bases são detalhadas, as origens e os conceitos de refrigeração e seus componentes, seus principais sistemas de aplicação e como eles se comportam no sistema industrial. Destacando como sua eficiência poderia ser aumentada, suas perdas reduzidas e, finalmente, como o sistema poderia ser mais otimizado, resultando numa maior economia para o usuário e menos impactos ambientais.

Palavras-chave: Resfriamento. Eficiência. Sistema industrial.

Abstract

Cooling is extremely important for social and industrial systems, it is composed of many variations and each one with a specific application, which can be in the ease of the process, in chemical, petrochemical, refrigerators or supermarkets. The truth is that, without refrigeration systems, most of the food consumed today would spoil, or electronic equipment would stop working, causing damage to both the supplier and the customer. This work addresses all Industrial Refrigeration study requirements as it provides an understanding of the importance of cooling in industrial systems and its relevance to the industry. The same required a bibliographic review of sources such as books and academic publications in printed or virtual format. In these bases are detailed, the origins and concepts of refrigeration and its components, its main application systems and how they behave in the industrial system. Highlighting how its efficiency could be increased, its losses reduced and, finally, how the system could be more optimized, resulting in greater savings for the user and less environmental impacts.

Keywords: Cooling. Efficiency. Industrial system.



1. INTRODUÇÃO

É correto dizer que a refrigeração industrial se concentra no resfriamento de uma substância ou meio. Fazê-la ter uma vida útil mais longa e resultar em um controle da diminuição da energia proporcionando a redução das perdas de equipamentos e alimentos que serão benéficas tanto para a sociedade quanto para as indústrias que utilizam esses sistemas de refrigeração.

Nesta perspectiva, o sistema de refrigeração é indispensável tanto para a indústria quanto para a sociedade e o profissional de Engenharia Mecânica tem a função de trabalhar assertivamente para o desenvolvimento e melhoria da esfera industrial e social. Com base nisso, o estudo dos sistemas de refrigeração, suas aplicações e como obter maior eficiência é de grande importância devido ao seu grande ramo de aplicações.

Diante disso, pode-se questionar: Qual é a importância e eficiência da refrigeração em sistemas industriais? Para acadêmicos, industriais e profissionais de engenharia, é importante saber como utilizar adequadamente uma boa refrigeração, melhorar a eficiência e estabelecer garantias, envolvendo facilidade de processo e maior utilização de equipamentos e conservação de indústrias alimentícias, químicas, petroquímicas, supermercados dentre outros.

Vale notar que o principal objetivo deste trabalho é compreender a relevância que a refrigeração traz aos sistemas industriais, especificamente para conceituar a refrigeração e sua história na indústria, descrever os sistemas e componentes da refrigeração industrial e apontar as aplicações da refrigeração na indústria e suas medidas de eficiência energética. Para entender o conceito, como o sistema funciona em cada tipo de indústria e como reduzir as perdas características que podem ocorrer nos equipamentos.

A fim de obter uma compreensão mais profunda do tema da pesquisa, foi necessária uma abordagem baseada em uma revisão bibliográfica, na qual foram obtidos dados de fontes de literatura como livros, artigos acadêmicos e artigos científicos. Documentos e trabalhos acadêmicos usados nos últimos 39 anos, foram examinados usando métodos descritivos para comparar e descrever os dados e pesquisas subjacentes a este trabalho.

2. REFRIGERAÇÃO E SUA HISTÓRIA NA INDÚSTRIA

2.1 Metodologia

Este trabalho está dividido em três capítulos. O primeiro é a introdução apresentando a justificativa e o objetivo geral e específicos.

O segundo capítulo tem duas seções: a metodologia e o de Resultados e Discussão, o qual, possui subseções: 2.3 A História da Refrigeração, contextualizando a origem da Refrigeração; 2.4 Conceitos de Refrigeração, que trata de forma analítica e é baseado em

citações de autores acadêmicos como se define a refrigeração; 2.5 Sistemas e Componentes da Refrigeração Industrial, o que descreve principais elementos utilizados e o funcionamento técnico de um equipamento de refrigeração e 2.6 Aplicações da refrigeração na Indústria e suas medidas de eficiência energética, o que compara os variados métodos de refrigeração.

O terceiro capítulo aborda as considerações finais e a importância da relevância para diferentes aplicações no aumento da vida útil de máquinas e produtos industriais para a aplicação da refrigeração.

2.2 Resultados e Discussão

Matos (2002), comenta que o uso da refrigeração e do ar condicionado representou um dos maiores avanços da civilização moderna. Tassini (2012) diz que a capacidade de distribuir e armazenar alimentos, de trabalhar e viver em diferentes condições climáticas, tornou a atividade humana mais promissora do que nunca.

Segundo Venturini (2015) a ideia do ar-condicionado e da utilização da refrigeração existe desde os dias dos convívios dos homens nas cavernas.

2.3 A História da Refrigeração

De acordo com Ferraz (2008), o emprego dos meios de refrigeração, na época das mais antigas civilizações já era conhecido pelo homem. Um exemplo disto seria a civilização chinesa que, muitos anos antes do nascimento de Cristo, para conservar o chá que tomavam. Meneses (2005) também como que eles utilizavam o gelo natural que era colhido nas superfícies dos rios e lagos congelados, conservando através de poços cavados na terra e cobertos de palha.

Segundo Ferraz (2008) as civilizações romanas e gregas também utilizavam dos geos para conserva bebidas e alimentos através do trabalho escravo. Já Meneses (2005) afirma que a civilização egípcia, devido a sua região desértica não possuíam gelo natural, entretanto utilizavam de vasos de barro para refrescarem a água. Como o barro é poroso a água ultrapassa a argila, de modo que a evaporação desta para o ambiente faz baixar a temperatura do líquido, Molgato (2015). Contudo, durante um grande período de tempo, a única utilidade que o ser humano encontrou no gelo foi o de resfriar bebidas e alimentos para melhorar o seu sabor, Matos (2002).

Matos (2002) descreve um poeta chinês do século IX A.C, que coletava e armazenava gelo de rios, que no decorrer da história a utilização do gelo natural acontecia com muita frequência, mesmo em climas que eram quentes, existiam áreas que possibilitavam o surgimento de geos, como cavernas e rachaduras no solo. Falatambém que antigos soberanos utilizavam mão de obra escrava para fazer pilhas de neves próximas das montanhas para produção de brisas refrescantes na primavera. Matos (2002) comenta que na idade



média os nobres mandavam encher trincheiras e buracos com neve para resfriar bebidas e fazer alimentos gelados.

De acordo com Genier, Costa e Junior (2013), antigos ancestrais membros da cultura Puebloan, que viviam nas regiões de Mesa Verde, no Deserto do Colorado, por volta de 600 e 1300 D.C, construíram suas moradias em locais protegidos dos raios solares como encostas ou montanhas para amenizar o ambiente, dentre outros ancestrais que pegavam gelo da natureza com o mesmo objetivo, porém era limitado. A partir disso pesquisadores e engenheiros se dedicaram a estudar os processos e métodos para resfriar o ambiente artificialmente, Venturini (2015).

Vale destacar que Genier, Costa e Junior (2013) relatam que a refrigeração através do sistema de absorção teve seu desenvolvimento iniciado a partir do trabalho de Ferdinand Philippe Edouard Carré, que inventou uma máquina de absorção de calor em 1820, fabricada com grande percentual na Inglaterra, França e Alemanha. Molgato (2015) relata que em 1824, Faraday sugeriu uma criação de um sistema de refrigeração, em que reações químicas de amônia e sais de prata, obtivesse amônia líquida. Desde aquela época começaram a realizar testes em outros pares de substâncias para obterem mais eficiência, Gomes et al. (2006).

Matos (2002) ressalta que, a primeira descrição completa de equipamento operando de maneira cíclica, foi feito por Jacob Perkins, como ilustrado na figura 1, em 1834, o seu trabalho teve pouco interesse pela literatura da época, não foi mencionado e permaneceu esquecido por 50 anos, até que Bramwell descreveu o artigo para o jornal daquele período.

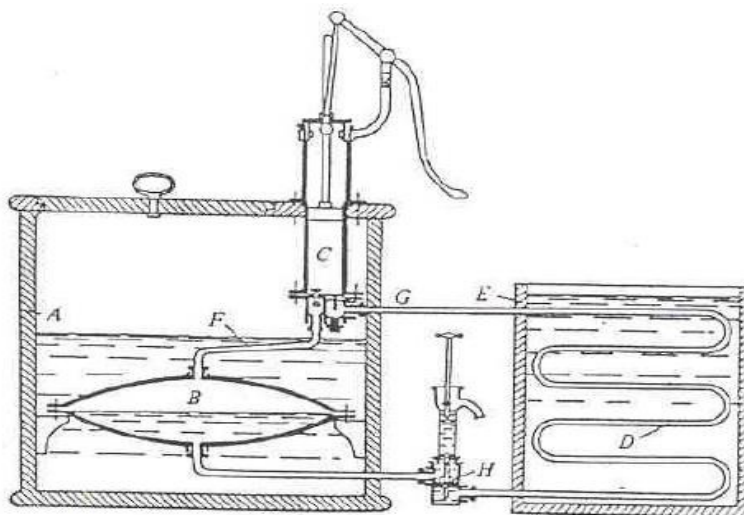


Figura 1 – Equipamento de refrigeração de Jacob Perkins
Fonte: Matos (2002)

Melo (2013) comenta que não se sabe se James Harrison teve acesso ao material de estudo de Perkins com as informações de uma máquina de compressão

operando de maneira cíclica. Entretanto o principal responsável por tornar o princípio de refrigeração por compressão mecânica em um equipamento real foi James 1956, Tasini (2012). Como ilustrado na figura 2.

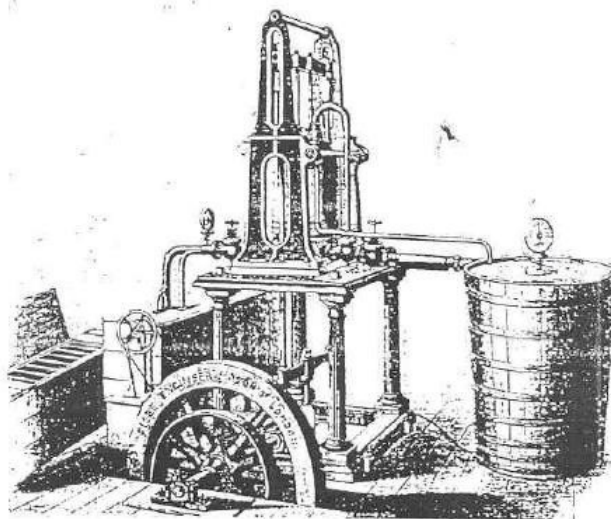


Figura 2 - Equipamento de refrigeração de James Harrison
Fonte: Matos 2002

De acordo com Matos (2002), em uma exibição internacional em Londres, o equipamento de Harrison, fabricado por Daniel Siebe, foi apresentado a sociedade da época. Melo (2013) diz que a partir daquele momento foram desenvolvidos diversos tipos de sistemas de produção de frio artificiais e diferentes tipos de gases refrigerantes. Depois de muito tempo em sistemas falidos, os estudos da refrigeração receberam uma grande contribuição com a descoberta da eletricidade com Thomas Edson, Tassini (2012).

Vale destacar também, que Loureiro (2015) comenta que com essa nova fonte de energia, vários técnicos buscavam produzir o frio em pequena escala, na própria casa dos usuários. De forma que o primeiro refrigerador doméstico surgiu em 1913, porém, não foi muito aceito, pois necessitava de operação manual, não tinha um bom rendimento e precisava de constante atenção, Ferraz (2008). Matos (2002) ressalta que, só em 1918 é que surgiu o primeiro refrigerador automático, movido através de eletricidade, a partir de 1920, a evolução foi tremenda, com uma produção sempre crescente de refrigeradores mecânicos.

2.4 Conceitos de Refrigeração

Costa (1982), realça que embora a retirada de calor de um corpo seja chamada de uma forma geral, resfriamento. Pode-se fazer as distinções entre arrefecimento que, seria o abaixamento da temperatura ambiente; resfriamento sendo abaixamento da temperatura de um corpo da temperatura ambiente até a temperatura de congelamento, Melo (2013).

Oliveira (2011) evidencia que, a tendência natural do calor é realizar uma troca, ou seja, passar do corpo quente para o corpo frio. Tassini (2012) conclui que o arrefecimento de um corpo, em relação ao ambiente, pode-se dar de maneira natural; enquanto o resfriamento e o congelamento necessitam da criação de um fluxo de calor em sentido contrário do natural térmico, do qual o segundo princípio da termodinâmica se faz exigência.

Stoecker e Jabardo (2002), frisam que o sistema de refrigeração na indústria poderia ser explicado pela faixa de determinada temperatura de operação. No limite inferior as

temperaturas podem atingir, valores entre - 70° Celsius a - 60° Celsius e no limite superior 15° Celsius, Venturini (2015). Aplicações, onde se usa temperaturas abaixo do limite inferior, pertencem a indústria de criogenia, na qual utiliza a forma de gás natural como especialização o oxigênio e nitrogênio líquido, Menezes (2005).

Stoecker e Jabardo (2002) continuam a evidenciar que uma outra maneira de se identificar a refrigeração industrial seria através de aplicações. Podendo então a refrigeração industrial ser mostrada como sendo um processo usado nas indústrias químicas, de processos e de alimentos, Gomes et al. (2006). Relacionado dois terços das aplicações em indústrias de laboratório e manufatureiras. Alguns usos de bombas de calor poderiam ser associados a refrigeração industrial, embora o afastamento de calor se faça a temperatura muito elevadas em relação a temperatura ambiente, Loureiro (2015).

Stoecker e Jabardo (2002) realçam que a refrigeração industrial a exemplo do condicionamento de ar, tem como função a refrigeração de alguma substância ou meio. Segundo Melo (2013) os componentes iniciais de ambos os processos não são diferentes, como: compressores trocadores de calor, ventiladores, bombas, tubos e controles. A maioria dos fluidos que mais são envolvidos são: a água, o ar e algum refrigerante, em síntese, cada um dos sistemas é composto fundamentalmente de um ciclo frigorífico, Molgato (2015).

Stoecker e Jabardo (2002) acentuam, a refrigeração não pode ser considerada como um subproduto do condicionamento de ar. Tassini (2012) também diz que ela apresenta suas próprias características que envolvem tanto uma pessoa mais especializada como mão de obra, como o custo a ser realizado do projeto. Gomes et al. (2006) afirma que os sistemas de condicionamento de ar são geralmente montados em fábricas, sendo compostos por partes hidráulicas e elétricas, além de saídas para um sistema de ar. Por outro lado, a refrigeração industrial, seu uso se dá mais com a montagem no local de operação, Melo (2013).

2.5 Sistemas e Componentes da Refrigeração Industrial

Conforme Venturini (2015), os compressores são uns dos componentes principais do sistema de refrigeração. Sua finalidade é aumentar a pressão do fluido refrigerante e executar a circulação desse fluido no sistema. Melo (2013) aponta que um dos principais compressores utilizados são os de parafusos, alternativo, palhetas, centrífugo e Scroll. A escolha depende essencialmente, da capacidade da instalação, que podem ser divididos em termos de vaporização, temperatura e fluido frigorífico, cuja capacidade é medida em TR, Matos (2013). Isso significa que uma tonelada de refrigeração e energia é necessária para liquefazer uma tonelada de gelo em 24h, Molgato (2015).

Segundo Matos (2002), cada componente básico de um sistema de compressão, possui um comportamento característico. Também as condições influenciam outros componentes como uma variação de temperatura e da água de condensação, Gomes et al. (2006). Sendo considerado o compressor como o coração do sistema de compressão de ar a vapor, em comparação com os outros sistemas básicos de refrigeração, Melo (2013).

Conforme Venturini (2015) de acordo com as características do processo de com-

pressão, no processo de refrigeração os compressores podem ser classificados como: semi-herméticos, herméticos e abertos. No compressor hermético, tanto o motor quanto o compressor, são alojados no interior de uma carcaça, tendo apenas como entrada e saída as ligações elétricas do motor, Menezes (2005). Esse tipo de compressor trabalha com refrigerantes halogenados e o vapor refrigerante entra em contato com o enrolamento do motor, resfriando-o, Ferraz (2008).

De acordo com Matos (2002) os compressores podem ser divididos em dois tipos, os de deslocamento positivo e os compressores alternativos. No de deslocamento positivo Tassini (2012) aponta que o gás é comprimido por redução de volume e compressor centrífugo, em que o gás é acelerado pelas pás do rotor e sua velocidade é transformada em pressão, como em compressores de vários estágios ou de compressores de apenas um estágio.

Vale ressaltar que Venturini (2015), destaca os compressores alternativos como um dos mais utilizados nos sistemas de refrigeração industrial. São utilizados em sistemas de grande e média capacidade e se encontram em um estágio bastante avançado de desenvolvimento, Ferraz (2008). Os refrigerantes são de uso comum nesses compressores para sistemas de conforto e processo, o refrigerante químico amônia é mais utilizado em sistema de refrigeração industrial, Molgaro (2015).

De acordo com Venturi (2015) o princípio de funcionamento de um compressor alternativo é composto por um virabrequim, onde durante sua expansão do êmbolo, o gás refrigerante é sugado pela válvula, o qual, pode ser localizada no próprio êmbolo. Loureiro (2015) afirma também que durante a compressão o mesmo comprime o refrigerante, o empurrando para fora através de válvulas de escape, como ilustrado na figura 3.

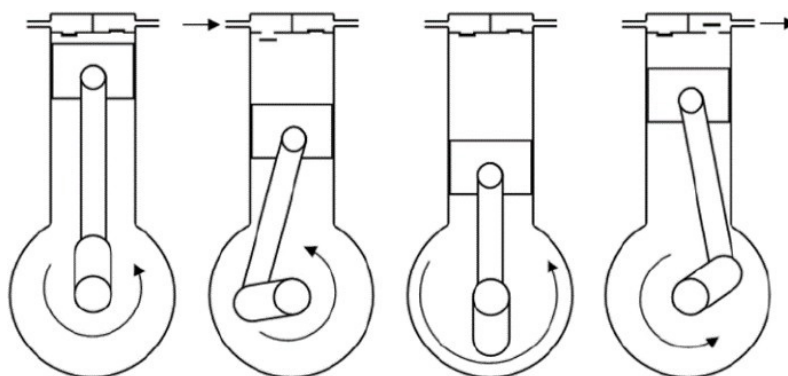


Figura 3 – Princípio de funcionamento de um compressor alternativo

Fonte: Venturini (2015)

Conforme Tassini (2012) os compressores alternativos são amplamente usados em sistemas de refrigeração de média e pequena capacidade e podem ser formados por um pistão de uma cabeça, comprimido apenas para um lado ou de duas cabeças comprimindo o gás nos dois sentidos de um ou mais cilindros, semi-herméticos, herméticos ou abertos, como é mostrado na figura 4 esquematicamente o princípio de funcionamento de um compressor alternativo aberto.

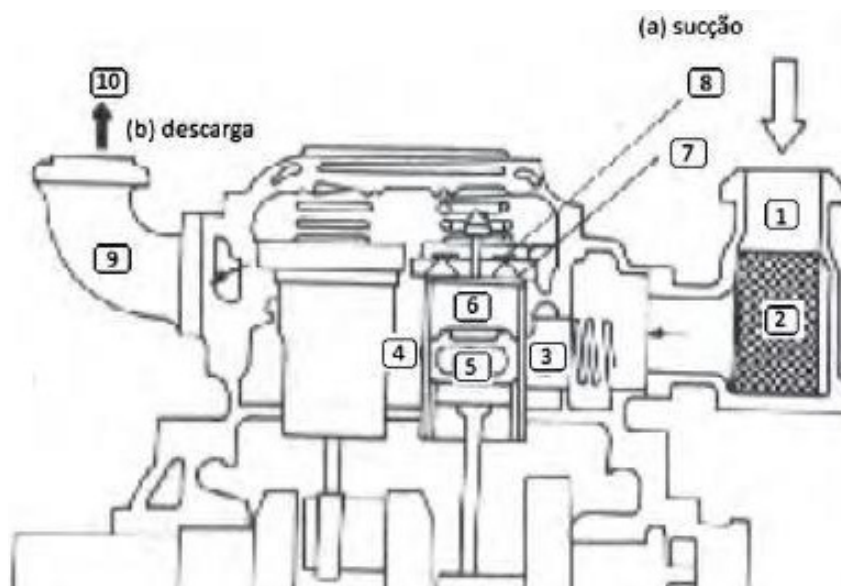


Figura 4 – Mecanismo compressor alternativo
Fonte: Tassini (2012)

De acordo com Loureiro (2015), condensadores de ar são permutadores de calor com a finalidade de dissipar calor absorvido no evaporador e gerado pelo

processo de compressão, para o ambiente de sistema de refrigeração externo. Oliveira (2011) aponta que os condensadores mais usados em estabelecimentos industriais e comerciais, são condensadores arrefecidos a ar, água e evaporativos.

Tassini (2012), comenta que os condensadores como componentes que fazem parte do sistema de refrigeração têm a função de transformar o gás quente a alta pressão, vinda do compressor, e, líquido, rejeitando o calor armazenado no fluido refrigerante. Sendo que os quatro tipos desses condensadores podem ser resfriados a ar, água e vaporização. Na refrigeração industrial o predominante é o evaporativo, Matos (2002).

Para Venturini (2015), os condensadores resfriados a ar são normalmente usados como parte de unidades fabricadas em fábricas de pequena ou média capacidade. Também afirmado por Melo (2013) grandes condensadores a ar também podem ser aplicados em situações em que não é econômica a utilização de sistemas resfriados a água, por causa do custo alto ou à falta da água.

Segundo Loureiro (2015), condensadores a ar são utilizados na maioria como partes integrantes das unidades condensadoras a distância, neste último caso, pode ser montada em paralelo, abrangendo uma grande capacidade de dissipação de calor. Costa (1982) diz que o condensador a água funciona de forma mais eficiente que os condensadores arrefecidos a ar, quando corretamente dimensionados e limpos, especialmente em períodos de temperatura ambiente alta. Normalmente, se usa água proveniente de uma torre de arrefecimento. Podem ser multitubulares de imersão ou duplo tubo, Gomes et al. (2006).

Vale destacar que Venturini (2015) descreve que condensadores evaporativos constituídos por uma espécie de torre de resfriamento de tiragem mecânica, no interior da qual é instalada uma série de tubos, por onde escoam o fluido. Em cima destes condensadores são fixados bicos injetores que pulverizam água sobre a tubulação de refrigerante, Oliveira (2011). A água escoam, em contracorrente como ar, em direção à bacia do condensador.

Melo (2013) também diz que o contato da água com a tubulação por onde escoo o refrigerante gera a sua condensação.

Tassini (2012) mostra que cada tipo de condensador possui suas características distintas onde a sua instalação vai depender de sua aplicação no sistema de refrigeração industrial. Estes quatros tipos de condensadores possuem características construtivas distintas como mostra na figura 5.

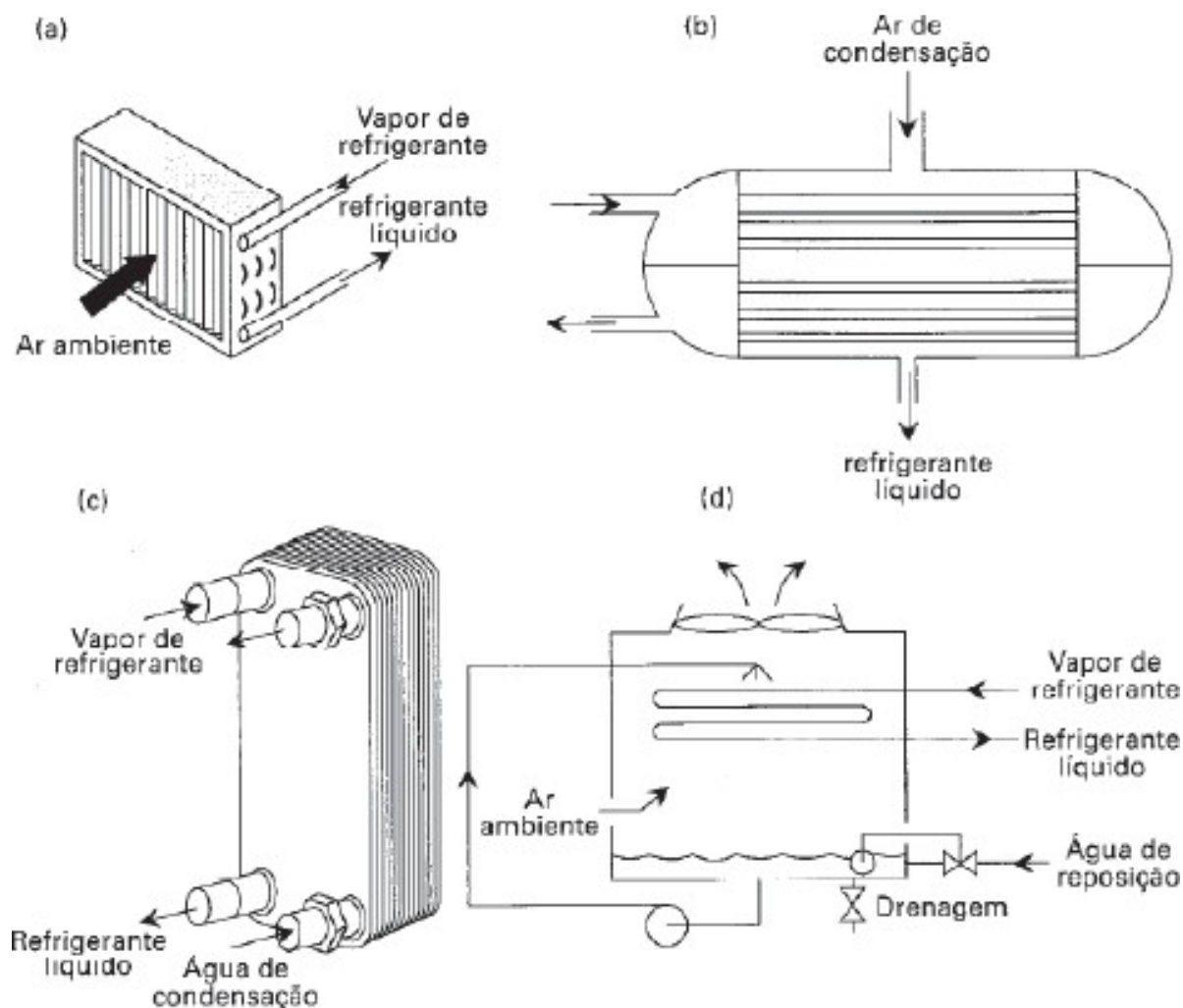


Figura 5 – Tipos de Condensadores
Fonte: Stoecker e Jabardo (2002)

Venturini (2015), compara os condensadores em torre de resfriamento, concluindo que os evaporativos resultam em menores temperaturas de condensação, em decorrência da presença de somente um diferencial de temperatura. Uma adicional vantagem aos condensadores evaporativos é que a bomba de água destes condensadores é de menor porção que a exigida pelos condensadores resfriados a água, o que resulta em menor consumo de energia, Ferraz (2008). Entretanto, os condensadores evaporativos devem estar instalados próximos dos compressores, para evitar linhas de descarga, Melo (2013).

Como último componente, mas não menos importante, segundo Matos (2002), os evaporadores são qualquer superfície de troca de calor na qual o líquido volátil é vaporizado com o objetivo de retirar calor de um espaço ou produto refrigerado. Oliveira (2011) afirma que as várias aplicações da refrigeração mecânica, possibilita que os evaporadores são construídos em uma maior variedade de tipos, projetos, formas e tamanhos, e podem ser distinguidos de diferentes modos, tais como método de alimentação dos líquidos, tipo

de construção, método de circulação do ar, condição de operação, tipo de controle de refrigerante, e aplicação.

Em concordância com Matos (2002), Ferraz (2008) argumenta que, o evaporador é um dos componentes principais de um sistema de refrigeração, e tem a função de tirar calor do meio a ser refrigerado, isto é, extrair calor do ar, água ou outrassubstâncias. É o componente do sistema de refrigeração em que o fluido refrigerante sofre uma mudança de estado, saindo da fase líquida para a fase gasosa, Matos (2002).

Apesar do evaporador ser às vezes um dispositivo muito simples, ele é realmente a parte mais importante do sistema, Melo (2013). Qualquer sistema de refrigeração é projetado, operado e instalado com a finalidade de retirar calor de alguma substância. Como esse calor tem que ser sugado pelo evaporador, a eficiência do sistema depende da operação e do projeto adequado, Molgato (2015).

2.6 Aplicações da Refrigeração na Indústria e Suas Medidas de Eficiência Energética

Conforme Venturini (2015), a refrigeração encontra aplicações em diversos setores, como indústrias de processos, alimentícias, químicas, indústria manufatureira, construção civil e laboratórios. Menezes (2005) diz que dependendo da faixa de temperatura de evaporação, os sistemas de refrigeração podem ser classificados como: sistemas de baixa temperatura, média e alta temperatura.

Tassini (2012) aborda eficiência energética em diversas áreas industriais, informando os tipos de uso de energia e potenciais de ganho. Matos (2013) fala que exista uma excelente oportunidade para crescer nesta direção, aproveitando os resultados dos estudos a experiência acumulada. O momento político favorável para construir estratégias de longo prazo que estimulem o mercado industrial de eficiência energética, Ferraz (2008).

De acordo com Venturini (2015) uma dessas aplicações por exemplo seria no sistema de alimentos resfriados e congelados, em que o tempo de conservação de alimentos pode ser aumentado pelo armazenamento a baixas temperaturas. Alimentos como alface, maçã, tomate, banana, cebola, batata e repolho não exigem congelamento para seu armazenamento, Melo (2013). A maioria dos alimentos deve ser armazenados a temperaturas próximas de 0° Celsius. Algumas frutas podem ser armazenadas a temperaturas abaixo a de congelamento da água, sem apresentar a formação de gelo, devido à presença do açúcar ou outras substâncias que diminuem o ponto de congelamento, Melo (2013).

Tassini (2012) comenta que na indústria de bebidas e alimentos, os principais equipamentos e processos consumidores de energia térmica para uso final na forma de aquecimento direto são os fornos e secadores. Já Loureiro (2015) diz que o calor de processo é utilizado na evaporação, cozimento, destilação, e principalmente na limpeza, lavagem a quente de instalações e máquinas, frequentemente com elevada pressão. Oliveira (2011) ressalta que os principais consumidores de energia elétrica são resfriamento, refrigeração e condicionamento de ar.

Vale destacar que Venturini (2015) nos descreve que na indústria diferente do condicionamento de ar, que visa o conforto das pessoas, o condicionamento de ar na indústria tem por função satisfazer as condições requeridas pelo processo. Gomes et al. (2006) afirma que outras características que diferem o condicionamento de ar para conforto do condicionamento de ar na indústria é a remoção de contaminantes, o controle da umidade, o alto índice de filtragem e o nível de temperatura. Em indústrias de produção de livros, é necessário um rígido controle da umidade para a fixação adequada das cores em impressão colorida, Molgato (2015).

Venturini (2015) ressalta que, em muitos processos da construção de tecidos, valores elevados de umidade relativa podem causar dificuldade no processo de fiação. Entretanto, valores abaixo da umidade relativa podem gerar eletricidade estática, que é problemático ao processo de produção. Molgato (2015) também diz que muitos produtos eletrônicos requerem salas limpas para a construção dos circuitos integrados que os formam, pois, sua qualidade é afetada pela quantidade de partículas no ar.

Stoecker e Jarbado (2002) afirmam que o controle da umidade relativa é necessário para evitar a condensação e a corrosão, e para eliminar a eletricidade estática. O controle da temperatura mantém instrumentos e materiais em condições adequadas, Melo (2013).

Consoante a Loureiro (2015) entre as possíveis medidas de eficiência energética no sistema de refrigeração industrial se destacam algumas funções, como a implementação de portas rápidas que ajudam a diminuir a infiltração de ar e ganhos térmicos para espaços que estejam refrigerados. Um outro exemplo dado por Ferraz (2008) seria também a iluminação, podendo ser alterada para uso de energia da instalação, uma iluminação adequada diminui a refrigeração, pois diminui o calor emitido.

Loureiro (2015) comenta que a eficiência de compressores pode ser melhorada, diminuindo a diferença entre a pressão de descarga e sucção do sistema de refrigeração. Esse diferencial também é referenciado por Costa (1982) o que pode ser diminuído, aumentando a pressão de descarga ou diminuindo a de sucção, essas características são importantes quando se pretende obter uma boa eficiência. Além disso, Molgato (2015), discorre que em condensadores e evaporadores, pode-se obter uma boa eficiência onde a melhoria de evaporadores pode ser adquirida com a instalação de variadores de frequência e nos condensadores com a instalação de variadores de velocidade nos moto-ventiladores.

Conforme Venturini (2015) as medidas de eficiência energética que podem ser consideradas, seriam, a utilização de níveis adotados para câmaras frigoríficas, balcões; tipos de níveis de iluminação; a forma correta na armazenagem de produtos nos espaços refrigerados; os locais de instalação dos espaços refrigerados, como a incidência de fontes de calor; existência de portas e cortinas, utilização de termostato, automação em forçador de ar; condensadores próximos a fontes de calor. De acordo com Tassini (2012) para se obter uma boa eficiência estes itens devem ser verificados.

Alguns dos itens mencionados conforme Venturini (2015), geram consumo excessivo de energia, sendo necessário a quantificação desse consumo, utilizando dados de entrada e constantes obtidas em campo. Oliveira (2011) também ressalta que umas dessas avaliações quantitativas seria a perda de eficiência devido ao nível inadequado de tempera-

tura, onde a perda de energia é calculada em função da quantidade de calor "Q" retirada em grande quantidade. Como ilustrado na figura 6.

$$Q = \dot{V} \cdot \rho_{ar} \cdot c_{par} \cdot \Delta T \text{ [kcal/h]}$$

Figura 6 – Fórmula quantidade de calor

Fonte: Venturini (2015)

De acordo com Venturini (2015) a figura 6, mostra a fórmula para a verificação de uma condição de temperatura, abaixo de uma temperatura recomendada para uma determinada aplicação. Em que "V": a vazão do forçador; "ρ": 1,293, massa específica do ar; "Cpar": 0,24, calor específico do ar e "ΔT": Variação de temperatura. Em que essa perda é uma porcentagem da capacidade de geração, Tassini (2012).

Consoante Loureiro (2015), os compressores são responsáveis por mais da metade da carga energética total de um sistema de refrigeração, tornando essencial a existência de controladores eficientes para facilitar o gerenciamento das cargas. Venturini (2015) diz que muitos compressores utilizam meio de controle ineficientes como pressostatos liga/desliga ou controladores manuais. Controladores mais avançados possuem um controle avançado de ajuste de pressão.

Tassini (2012), explica que a pressão de descarga dos compressores é determinada pela capacidade de refrigeração, capacidade de condensação e temperatura do bulbo úmido. Já Menezes (2005) aponta que a redução da pressão desses fatores impacta diretamente no consumo de energia elétrica pois reduz o trabalho de compressão, que é o maior responsável pelo consumo de energia.

Tassini (2012) também comenta que o simples fato da limpeza e manutenção mantém as propriedades dinâmicas do fluido, aumentando seu desempenho.

A operação deve garantir que o filtro de recirculação de água e as bacias condensadoras estejam limpas, Loureiro (2015).

Tassini (2012), também enfatiza a importância da limpeza dos bicos aspersores caso a pulverização da água não seja uniforme. Como exibido na figura 7.



Figura 7 – Bicos aspersores com entupimento

Fonte: Tassini (2012)

De acordo com Tassini (2012) a figura 7 mostra como evitar desgaste prematuro, alto consumo de energia devido a bobinas entupidas, bloqueio de ar devido ao acúmulo de sujeira e má manutenção, o que reduz a capacidade de refrigeração e causa outros problemas, exigindo o uso de manutenção preventiva regular com limpeza e inspeção geral do equipamento.

Consoante Venturini (2015) o isolamento é o fator mais relevante no gasto energético de uma instalação pelo frio, tanto pela sua relação à entrada de calor no ambiente que está sendo refrigerado, como pela dificuldade que existe em mudá-lo após colocado e construído. Ferraz (2008) diz que a passagem de calor para a câmara é afetada pela forma e tamanho da câmara, que determina a área de superfície externa por metro cúbico de interior. Teoricamente, a forma cúbica é a que proporciona menor perda, Matos (2002).

Segundo Loureiro (2015), outro fator importante para a eficiência energética da refrigeração é o uso de novos refrigerantes, dos quais os sistemas de refrigeração e ar condicionado produzem emissões diretas e indiretas de CO₂ durante seu ciclo de vida. Genier, Costa e Júnior (2013) diz que com a crescente preocupação com o impacto ambiental dos refrigerantes, há uma demanda emergente por soluções de refrigeração que possam produzir um bom desempenho de refrigeração enquanto reduzem o impacto do aquecimento global.

De acordo com Loureiro (2015), este problema resulta na criação e utilização de novas soluções de refrigerações parceiras do ambiente. Além disso, a legislação visa proibir os gases de refrigeração com elevados índices de aquecimento global para projetos de novas instalações desde 2020, afirma Venturini (2015). Desta forma, ao longo dos anos, os fluidos refrigerantes foram substituídos por novas substâncias, geradas para terem mínimo impacto ambiental e maior eficiência. Afirmado por Matos (2002) obtém-se assim menor consumo de energia e melhorando o rendimento das máquinas e a qualidade dos produtos que precisam do sistema de refrigeração para obter um bom processo de fabricação ou conservação de seus produtos.

3. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi proposta uma pesquisa bibliográfica para investigar a origem da refrigeração e seu conceito, descrevendo seus componentes, principais sistemas e seu comportamento em um ambiente industrial. Ela mostra sua relevância para diferentes aplicações no aumento da vida útil de máquinas e produtos industriais.

Fontes de pesquisa foram utilizadas para introduzir as origens da refrigeração e o conceito de como as conseguiram preservar os alimentos e onde conseguiram suas fontes de alimento. Foi ilustrado e explicado os primeiros aparelhos de refrigeração e como eles revolucionaram o tempo até o advento da eletricidade, seu maior avanço.

Os principais componentes dos equipamentos de refrigeração existentes, suas principais características operacionais e funções também foram discutidos, como a utilização de compressores, condensadores em diferentes tipos de sistemas de refrigeração, pode



ser utilizado nas indústrias de refrigeração, química e eletrônica, entre outras.

Também foi dada ênfase em como otimizar os equipamentos de refrigeração e conseguir isso através de medidas de eficiência energética. Mostrando os principais pontos de gastos energéticos, como conseguir mais eficiência através de instalações, otimização do equipamento, fontes de calor, ou a potência a ser usada para casa tipo de aplicação.

Referências

COSTA, Ennio Cruz da. **Refrigeração**. São Paulo: Edgard, 1982. FERRAZ, Fábio. **Refrigeração**. Bahia: CE-FET-BA, 2008.

GENIER, Francieli Silva; COSTA, Andréia Oliveira Souza da; JUNIOR, Esly Ferreirada Costa. **Ciclos de refrigeração: conceitos e estudos de eficiência**. Espírito Santo, UFES, 2013. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/319163050_CICLOS_DE_REFRIGERACA_O_CONCEITOS_E_ESTUDOS_DE_EFICIENCIA>. Acesso em: 18 mar. 2022.

GOMES, Alberto Régio et al. **Análise comparativa de mecanismos de compressão para aplicação em refrigeração doméstica**. 2006.

LOUREIRO, José Pedro Vidal. **Refrigeração industrial: elaboração de projeto; criação de ferramentas de seleção; tecnologias para melhoria da eficiência energética**. 2015. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de ciências e tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

MATOS, Rudmar Serafim. **Refrigeração e climatização**. Paraná: UFPR, 2002. Disponível em: < <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TMEC153/Apostila/Apostila%20Refrigera%E7%E3%o.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2022.

MELO, Cláudio. Uso de Refrigerantes Alternativos em Refrigeração Doméstica e em Equipamentos Compactos de Refrigeração Comercial. **Uso de fluidos alternativos em sistemas de refrigeração e ar condicionado – artigos técnicos, Brasília/DF, Brasil-Ministério do Meio Ambiente**, v. 172, 2011.

MENEZES, Milton Serpa. **Refrigeração e ar condicionado**. Passo Fundo, ago, 2005.

MOLGARO, Paulo Edson. **Estudo sobre o coeficiente de desempenho (COP) de um sistema de refrigeração utilizando dois fluidos refrigerantes distintos**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

OLIVEIRA, Viviani Ruffo de et al. Qualidade para o cozimento e composição nutricional de genótipos de feijão com e sem armazenamento sob refrigeração. **Ciência Rural**, v. 41, n. 5, p. 746-752, 2011.

STOECKER, W. F; JABARDO, J.M. Saiz. **Refrigeração Industrial**. São Paulo: Edgard, 2002.

TASSINI, Jussara Oliveira. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial**. 2012. 115f. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2012.

VENTURINI, Osvaldo José. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Minas Gerais: UFMG, 2015.

CAPÍTULO 17

APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM EQUIPAMENTOS MECÂNICOS NA INDÚSTRIA

*APPLICATION OF PREVENTIVE MAINTENANCE IN MECHANICAL
EQUIPMENT IN THE INDUSTRY*

André Luis Pereira Araújo¹

Michele Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira²

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professora, Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi uma revisão bibliográfica da gestão e aplicação da manutenção na indústria e comércio. Na qual está análise foi baseada em referências bibliográfica, referente a manutenção preventiva em equipamentos mecânico, na qual procurou-se salientar a relação da manutenção para com equipamentos mecânico, para melhor eficiência e desempenho desses equipamentos e a importância de um plano estruturado de manutenção preventiva. Na fundamentação teórica foram utilizados trabalhos e artigos de grandes autores de renome no meio acadêmico por suas grandes contribuições para com uma boa gestão de manutenção apresentado no presente trabalho, com objetivo de obsequiar um olhar mais claro e profundo sobre o respectivo tema abordado, na qual foram feitas as definições de conceitos e modelos de aplicações importantes a este tema trabalhado. Foram apresentados no presente trabalho estratégias e intervenções importantes de manutenção preventiva em equipamentos mecânico, oferecendo ferramentas adequadas e planos de ações para uma boa gestão de manutenção obedecendo as normas brasileiras relacionadas a manutenção preventiva. A partir do trabalho apresentado foram propostas melhorias para reduzir os altos índices de defasagem de manutenção, com objetivo de aumentar a eficiência e o rendimento desses equipamentos com a aplicação de uma boa gestão de manutenção estabelecidas por planos e estratégias de ações. Por tanto, pode-se concluir a grande importância de planejamentos e estratégias para uma boa aplicação de manutenção eficiente e segura e desde já, agradecer pela a oportunidade de esta sempre a buscar por melhorias enfrentando novos desafios.

Palavras-chave: Manutenção, Eficiência, Desempenho, Planejamento e Estratégias

Abstract

The aim of the present work was an analysis of the management and application of preventive maintenance in mechanical equipment in industrial and commercial centers. In which this analysis was based on bibliographical references, referring to preventive maintenance in mechanical equipment, in which we tried to emphasize the relationship of maintenance to mechanical equipment, for better efficiency and performance of these equipment and the importance of a structured preventive maintenance plan. In the theoretical basis were used works and articles of great authors of renown in the academic environment for their great contributions to a good maintenance management presented in the present work, with the purpose of obtaining a clearer and deeper look on the respective theme, in which definitions of concepts and models of applications important to this theme were made. Important preventive maintenance strategies and interventions in mechanical equipment were presented in this work, offering adequate tools and action plans for good maintenance management in accordance with the Brazilian norms related to preventive maintenance. Based on the work presented, improvements have been proposed to reduce the maintenance gap indices, aiming to increase the efficiency and performance of these equipments through the application of good maintenance management established by action plans and strategies. Therefore, we can conclude the great importance of planning and strategies for a good application of efficient and safe maintenance and thank you in advance for the opportunity to always seek improvements facing new challenges.

Keywords: Maintenance, Efficiency, Performance, Planning and Strategies

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente demanda de produção nos setores industriais, as grandes empresas vêm buscando novos meios de melhorar seus sistemas de produção, devido os altos índices de quebras e perdas de equipamentos, sendo que o número de falhas e quebras vem sendo exorbitante, com isso a manutenção preventiva vem sendo uma ferramenta que visa diminuir exponencialmente essas falhas e perdas. Nos últimos dez anos a manutenção preventiva vem sendo uma ferramenta de grande importância na qual vem quebrando esse paradigma de quebras e defeitos nos grandes pólos industriais, como a manutenção preventiva visa prevenir quebras e falhas nesses equipamentos, com base em planos de ação e aplicação da mesma com base na norma ABNT e NBR 5462/1994, na qual a definição da manutenção preventiva é: manutenção realizada em intervalos de tempos predeterminados.

A problemática motivadora deste trabalho foi: Quais os benefícios da manutenção preventiva na prevenção de quebras e paradas inesperadas de máquinas e equipamentos mecânicos em setores industriais e comerciais? Especificamente, enfatiza-se a manutenção preventiva, como fator fundamental para a promoção de redução de custos, melhor rendimento e evitar redução na produtividade. Diante dos desafios de trabalhar a manutenção nos grandes setores da indústria e minimizar os riscos das mesmas e suas consequências a estes equipamentos, surgiu então a ideia de empregar a manutenção preventiva, como instrumento para proporcionar a estes equipamentos maior autonomia e rendimento nos setores de produção.

O principal objetivo deste trabalho é compreender a manutenção e suas características na indústria 4.0, e mostrar os meios de suas aplicações em máquinas e equipamentos nos setores industriais. E como objetivos específicos: Apresentar a evolução histórica da gestão da manutenção na indústria 4.0; descrever os tipos de manutenção e seus processos de aplicação nos setores industriais; Mostrar como as metodologias de manutenção TPM contribuem na redução de custos e qualidade no final do produto.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente estudo sobre o tema manutenção em equipamentos industriais será fundamentada na revisão bibliográfica de literatura, cujos tópicos importantes sobre o tema serão analisados e discutidos de forma contextual. Para alcançar o objetivo do trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas ancorada principalmente nos autores: Xenos (1998), Slack, Fouladi Rad (2014), Almeida (2000, p.3) e outros mais. Uma pesquisa de caráter científica deve fundamentalmente estar ancorada nos cânones da metodologia científica, conforme, Ruiz (2013), "pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência." Para esta pesquisa foram feitas por; artigos, documentos e bibliografias utilizados foram coletados em sites, bibliotecas, bancos de dados da internet e acervo par-



ricular se fez buscas por textos de linguagem acessível que dialogam com outras obras de referências não acessível, e publicações dos últimos dez anos nos períodos de 20 de abril a 06 de maio de 2019.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Definição e evolução histórica da gestão da manutenção

Segundo Viana (2002), evolução histórica da manutenção se dar proporcionalmente a revolução industrial em meados do séc. XVIII, na Inglaterra, quando surge o termo manutenção industrial com intuito de corrigir as dificuldades encontradas pelos operadores das máquinas no surgimento da indústria. Neste cenário de desenvolvimento, globalização, novas tecnologias e crescimento da concorrência, as empresas passaram a ter necessidade de atuar com maior rapidez para responder aos novos cenários.

Segundo Viana (2002), durante o pós-guerra iniciou-se a manutenção, conservação e materiais com objetivo de dar efetividade aos processos, as empresas japonesas passaram a importar tais métodos para seu território e desenvolveram métodos para gerenciar e recuperar a indústria após a guerra restabelecendo novos padrões de qualidade e competitividade industrial. Tornando o padrão japonês disseminado em todo o mundo, no decorrer do tempo, agregando métodos como manutenção pós-quebra, manutenção para melhoria, prevenção da manutenção.

2.2.2 Tipos de manutenção

2.2.2.1 Manutenção corretiva

O tipo mais simples e antiga de manutenção de acordo com Slack et al. (2002, p. 625) é a manutenção corretiva, que só ocorre depois da perda do equipamento e pode se dividir em planejada e não planejada, ou seja, os problemas são solucionados apenas após a falha ou desempenho abaixo do esperado, sem uma orientação ou planejamento preventivo, como resultado alto custo com despesas não programadas e baixa confiabilidade na gestão da produção, gerando inatividade, retrabalho e danos aos equipamentos. Já a manutenção corretiva planejada é pensada e determinada pelos gestores para solucionar as falhas e acompanhamento preventivo.

Segundo Almeida (2000, p.2) "poucas empresas usam verdadeiramente a manutenção corretiva, apenas realizam tarefas preventivas básicas, como lubrificação e ajustes simples nos equipamentos e não resolvem todos os problemas mesmo em um ambiente de manutenção corretiva". Entretanto essa filosofia que não revisa e não prepara máquinas e equipamentos para futuras falhas resulta inúmeros custos, estoque desnecessário, retrabalho, alto grau de inatividade e baixa produtividade.

A Manutenção Corretiva define-se pelo conjunto das intervenções efetuadas num

sistema ou equipamento, após avaria ou anomalia imprevista, exigindo ação imediata para restituir as normais condições de utilização. Segundo Ferreira (2008) as técnicas de manutenção realizada após a identificação de uma anomalia identificada em máquinas ou equipamentos, dessa forma a intervenção é realizada de forma não planejada, este tipo de manutenção pode trazer prejuízo a empresa, levando em conta as paradas não programadas.

2.2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva pode ser vista como uma intervenção técnica no equipamento com finalidade de evitar a quebra, através de técnicas de inspeções e manutenções planejadas, geralmente essa manutenção é realizada nos intervalos determinados pela empresa (SOUZA 2003, P. 85).

Segundo Souza (2009) este sistema de manutenção preventiva deve inicialmente adotar planos de inspeções, lubrificação, calibração e limpeza e somente num último momento a adoção de um plano de troca de peças, uma vez que este representa o maior custo para este tipo de manutenção.

Para garantir uma boa gestão na manutenção preventiva é necessário elaborar um plano de manutenção definindo alguns parâmetros, esses parâmetros podem ser definidos de acordo com a vida útil do equipamento e intensidade de uso (XENOS, 1998).

Logo assim, os obstáculos desse modelo são paralizações programadas baseadas em pesquisas e estatísticas que não consideram os fatores específicos do desenho e da vida operacional do maquinário. Para Ohno (1997), a manutenção preventiva subdivide-se em: condicionada e sistemática, ou seja, prevenção está interligada as novas tecnologias dos equipamentos, de forma a presumir defeitos e avarias futuras, por isso é necessário realizar uma avaliação prévia dos equipamentos, já a manutenção preventiva sistemática, possui uma rotina em tempos e modos definidos com antecedência proporcionando um bom resultado no maquinário. A curva que demonstra as probabilidades de falhas no decorrer do tempo é conhecida como curva da banheira.

2.2.2.3 Manutenção preditiva

De acordo com Viana (2002) a manutenção preditiva encontra-se aliada à manutenção preventiva, é baseada na tentativa de definir um estado futuro de um equipamento. Esse tipo de manutenção tem o objetivo de reduzir os números de falhas nos equipamentos, utilizando modelos de acompanhamento dos parâmetros exigidos, com finalidade de monitorar o grau de deterioração até a decisão de intervenção.

Essa técnica de manutenção tem seus benefícios como: redução dos custos nos reparos, redução dos estoques de produção, aumento do intervalo dos reparos por quebras (corretivas) e aumento no rendimento do equipamento no processo produtivo, uma vez



que estes equipamentos estarão disponíveis por um tempo maior para operação.

2.2.2.4 Manutenção detectiva

Essa técnica tem o intuito de identificar os possíveis defeitos, ainda nas fases iniciais minimizando o desgaste e evitando o travamento das máquinas e equipamentos, impedindo a ocorrência de qualquer evento que venha comprometer a operação.

A palavra detectar significa revelar ou descobrir aquilo que está encoberto, este tipo de processo consegue identificar problemas pequenos, porém de proporções gigantescas e assim conseguir deliberar uma solução para correção o mais breve possível.

Portanto na manutenção detectiva tem um papel extremamente importante, por exemplo, um britador de mandíbulas (Equipamento de Mineração), possui sensores de temperatura e vibração em sua caraça, estes sensores por sua vez enviam sinais de bluetooth para o celular do técnico de manutenção que consegue identificar e avaliar os parâmetros de vibração com bases nos dados enviados anteriormente e assim conseguir captar alteração na temperatura do rolamento do equipamento e assim, solicitar a parada do mesmo para realizar a avaliação do sistema e identificar as possíveis causas, falta de óleo no sistema, quebra da bomba de lubrificação, vazamento em alguma mangueira de lubrificação, assim com as demais possíveis causas. No entanto com isso conseguimos identificar várias situações, evitando o travamento do equipamento, sem exposição do colaborador na proximidade do mesmo e com a utilização da tecnologia, tornando assim uma gestão inteligente dos equipamentos.

2.2.3 Estratégias e planos de manutenção preventiva

2.2.3.1 Caracterização de planos de manutenção

Segundo Pinto (1995), a elaboração de planos de manutenção baseados em análises quantitativas é essencial para a compreensão do tipo e do intervalo de manutenção mais adequado ao comportamento da taxa de falhas de cada equipamento. Desta forma assim, é possível definir a melhor estratégia de manutenção para cada equipamento, evitando a aplicação de atividades de manutenção desnecessárias ou ineficazes e agregando atividades que efetivamente contribuem para o aumento da disponibilidade dos equipamentos e redução de custos da empresa.

Para Moraes (2018) os tempos de paradas para a manutenção são planejados com o processo produtivo e em conjunto encontra-se o tempo ideal para se parar a produção e proceder-se à manutenção dos equipamentos. Desta forma pretende-se transformar ou reduzir ao mínimo possível os tempos de manutenção corretivos que geram impactos significativos para a produção.

Segundo Ribeiro (2007), atualmente, os grandes desafios para um planejamento

da manutenção preventiva é exatamente a definição de quando e que tipo de intervenção deve ser feita em determinado equipamento. Apesar de existir farto material sobre confiabilidade de produtos, na perspectiva dos fabricantes, a discussão da aplicação da confiabilidade em itens em operação, na perspectiva da manutenção, ainda é escassa na literatura. Logo a gestão da manutenção é responsável pela alimentação de dados e informações para permitir aperfeiçoamento do sistema produtivo evoluindo para engenharia da manutenção que gera consolidação do trabalho operacional como função primordial nas organizações (RIBEIRO 2007, P. 125).

Pinto (1995) refere que a preparação do programa de Manutenção é uma atividade que requer experiência, pois não só as atividades de Manutenção devem ser indicadas como também a periodicidade do trabalho deve ser fixada tendo em conta as características e a disponibilidade do equipamento. Dentro do período de garantia dos equipamentos devem obviamente tomar-se precaução de forma a operar-se com eles em conformidade com quaisquer instruções que façam parte do contrato com o fornecedor de modo a assegurar as garantias dadas por este.

Segundo Ferreira (2008), a melhor estratégia de manutenção usualmente é a manutenção preventiva, contudo, se seus custos são proibitivos ou se um método para monitoramento da condição do equipamento ainda não foi desenvolvido, é na qual é indicada a manutenção baseada no tempo. Onde manutibilidade é a probabilidade de recuperar um sistema nas condições de funcionamento especificadas, em prazos de tempo estabelecidos, quando as ações de Manutenção são efetuadas nas condições e com os meios previstos.

Ferreira (2008) apresenta ainda uma definição para manutibilidade como sendo a fiabilidade com que as reparações e o restante trabalho da Manutenção são efetuadas e afeta diretamente a disponibilidade dos equipamentos para efetuarem o serviço requerido. Pois, o tempo gasto na reparação de avarias e nas ações de Manutenção preventiva contribui para a diminuição do tempo de exploração dos sistemas. O modelo de Manutenção a adotada deverá ser em função das características da instalação industrial, devendo ser coerente com os equipamentos existentes e com a sua exploração.

2.2.3.2 Procedimentos da manutenção preventiva

Segundo Assis (1997) manutenção preventiva prolonga a vida útil dos equipamentos por proporcionar a limpeza adequada desses equipamentos, lubrificação e reparos de partes defeituosas antes que ocorra uma falha mais séria. Se os equipamentos fossem mantidos em boas condições operacionais, certamente não se deteriorariam tão rapidamente.

Quando os programas de manutenção preventiva são eficientes, a segurança desses equipamentos aumenta, havendo, por consequência, também um aumento de confiança por parte dos seus usuários. Portanto isso porque, além de o equipamento ficar menos tempo ocioso, esses, terá menos dificuldade para sua operação e certeza de que está devidamente funcional. O equipamento será, então, usado com mais frequência e confiança, de maneira que melhores resultados serão obtidos nos procedimentos médicos realizados (FERREIRA 2008, P. 257).



As funções primárias de aplicação da manutenção preventiva incluem ainda a inspeção, lubrificação e limpeza dos equipamentos, a instalação de novos equipamentos e a participação na sua concepção e construção; - As funções secundárias, que são adjudicadas ao serviço por razões de experiência precedente ou outras. Alguns exemplos de aplicação das funções secundárias são os estudos e projetos, a proteção e segurança industrial, a higiene e segurança no trabalho controlam das fontes de poluição, entre outros. Os objetivos da função Manutenção são os de melhorar a Fiabilidade dos equipamentos, diminuindo o número de avarias verificadas, melhorarem a manutibilidade dos equipamentos, diminuindo os tempos de reparação e conseqüentemente, aumentarem a disponibilidade (FERREIRA 2008, P. 51).

No entanto de acordo com os processos de aplicação a ciência das engenharias, deveriam ser sempre preferíveis realizar uma manutenção preventiva, compatível com os recursos disponíveis, a uma estratégia corretiva. Essa sugestão é apoiada por um bom número de casos estudados, que demonstram os benefícios da manutenção preventiva (GODOY 2018. P. 123).

É necessário que incentive os colaboradores e vendam a ideia que a manutenção preventiva é o processo que viabiliza o processo de produção no intuito de convencê-los de que é uma ferramenta de extrema importância de melhoria para seus processos para que se obtenham resultados significativos e padronizados (GODOY 2018, P. 79).

Portanto todo e qualquer processo de manutenção preventiva na qual a manutenção é uma atividade que, pela sua crescente importância e aumento da complexidade dos equipamentos, necessita de um ponto rígido no seu meio para um estado de apoio e da cooperação mútua dos demais setores. Na qual a manutenção preventiva é uma atividade de solida e eficaz pela sua crescente importância e aumento da complexidade dos equipamentos, necessita do apoio e da cooperação mútua dos demais setores, os quais precisam ter um 16 perfeito entrosamento com o setor responsável por ela, a fim de terem um bom desempenho em suas funções Ferreira (1998).

Obedecendo a um plano devidamente elaborado baseados em circunstâncias do dia a dia desses equipamentos em intervalos de tempo diário ou semanal. Vendo que há uma deficiência muito extensa nos pólos industriais ao identificar corretamente os problemas ocorridos nesses equipamentos, e identificar o período exato que deve ser realizada as intervenções para a manutenção, nesse sentido, a pesquisa possibilita nova reflexão a cerca da manutenção de um estudo mais preciso e com maior eficiência para elaborar um plano de ação no tempo adequado para ser realizada corretamente a manutenção nesses equipamentos, de acordo com Almeida (2000, p.3) "todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular". Ou seja, os reparos em equipamentos de refrigeração necessitam de planejamento a partir de estatísticas, sendo a mais largamente usada a curva do tempo médio para falha – CTMF (ALMEIDA, 2000).

2.2.4 Aplicação das metodologias TPM no final do produto

A partir do desenvolvimento da manutenção preditiva se consolidaram as práticas de gestão de manutenção, evoluindo a capacidade operacional dos equipamentos e diminuindo os entraves na produção com políticas de melhoria constante e ampliação dos métodos de manutenção para áreas mais abrangentes da organização Moraes (2018).

Para Kardec e Nascif (2009) a gestão da manutenção evoluiu para a engenharia da manutenção que significa utilizar técnicas modernas e implementar benchmarks como as utilizadas nas empresas ao redor do mundo e como resultado observamos maior confiança, menos ociosidade, preservação, manutenção, eliminação de falhas e melhora na gestão de pessoas e no suporte técnico com planos elaborados para antecipar falhas no sistema, zerando indicadores negativos aumentando a competitividade.

Para Godoy (2018), gestão da manutenção é responsável pela alimentação de dados e informações para permitir aperfeiçoamento do sistema produtivo evoluindo para engenharia da manutenção que gera consolidação do trabalho operacional como função primordial nas organizações.

2.2.4.1 TPM - Total Productive Maintenance

A TPM (Total Productive Maintenance) é uma filosofia amplamente utilizada no Japão, e surgiu no início dos anos 60. Para Moraes (2018), o TPM (Total Productive Maintenance) trata-se de novas formas de pensar a manutenção com o objetivo de garantir e manter o funcionamento dos equipamentos, ou seja, eliminar perdas e falhas dentro do processo de produção, ampliando e garantindo os ativos produtivos com qualidade e eficiência. TPM (Total Productive Maintenance) é um método gestão que desenvolve capacitação constante de trabalhadores voltada para melhoria e otimização contínua dos processos aumentando a capacidade sem despesas adicionais.

Segundo Ribeiro (2007, p. 30), TPM ou Total Productive Maintenance, significa em suas gênesis: “total, todos os atores são envolvidos para evitar acidentes, reduzir defeitos, com produção contínua e mínimo desperdício, garantindo confiabilidade e alta produtividade da malha industrial”. Ao alcançar esses pilares da TPM (Total Productive Maintenance) a manutenção atinge ganhos na produção e amplia a participação de todos no processo de produção minimizando trabalho e falhas e acidentes no sistema como um todo.

Para Moraes (2018), existem princípios importantes do TPM que devem usados de maneira global: constatar a importância da manutenção como função agregadora de valor e rendimento para a empresa.

Estimular e promover um ambiente voltado ao aprimoramento constante dos operadores e desenvolvendo habilidades comportamentais da livre iniciativa ou manutenção espontânea com a promoção do pertencimento e capacitação dos colaboradores diretos da manutenção, principais responsáveis pela implementação das mudanças organizacionais (MORAIS 2018, P.132).



O método TPM (Total Productive Maintenance) é amplamente utilizado no Japão, onde se utiliza a gestão just in time que se fundamenta em diminuir estoques e custos desnecessários, para isso Moraes (2018) destaca oito indicadores que revelam se a implantação desse sistema está otimizando a manutenção da organização, entre estes:

- Produtividade – avanço da produção e efetividade das atividades operacionais;
- Qualidade – alta performance dos maquinários, eficácia da tecnologia implementada com resultado de excelência nos produtos e serviços prestados pela organização;
- Custos – controlados da estrutura fabril, das atividades, concorrência e dos investimentos empregados;
- Serviços – otimização de tempos e movimentos, menor tempo de resposta a solicitação do cliente;
- Segurança – métodos seguros, diminuir riscos de acidentes e um ambiente voltado para a qualidade com instalações e infra-estrutura apropriada a cada atividade desenvolvida pelos colaboradores;
- Moral – aptidão técnica dos operadores com qualificação e reconhecimento constante dos esforços e competências adquiridas no processo de manutenção incentivando uma rede de colaboração.

Deste modo esses princípios que regem a filosofia TPM (Total Productive Maintenance) podem proporcionar os parâmetros de análise para alcançar o objetivo de erro zero.

2.2.5 Manutenção centrada em confiabilidade (RCM)

A metodologia RCM ou Manutenção Centrada em Confiabilidade, é um processo utiliza fundamentalmente um conjunto de atividades, consequências, capacidades sistêmicas, para assegurar que qualquer ativo físico à diminuir falhas e diminuir custos, gerando receitas. (CORREIA, 2004, pg. 82).

Para Ferreira (2008), o método RCM (Reliability-Centered Maintenance) é baseada na aplicação das melhores práticas que identificam custo x benefício, gerando assim o nível de confiabilidade como resultado do processo.

O RCM (Reliability-Centered Maintenance) Segrega quais metodologias possam assegurar a continuidade das funções operacionais e identificando e modificando quais procedimentos podem ser adotados para que preservem máquinas e equipamentos e podem aumentar a confiança no processo de manutenção (MARCORIN; LIMA, 2003).

Como exemplo temos uma das mais importantes estratégias geradoras de mudança no mundo empresarial nos últimos anos é a implementação do Lean Manufacturing, ou

pensamento enxuto, como direcionador para busca de excelência operacional.

O principal propósito da RCM (Reliability-Centered Maintenance) é buscar pela excelência operacional no contexto da implantação do sistema Lean de produção, essa é uma das principais características dessa técnica, os efeitos dessa técnica buscam; processos confiáveis e estáveis, objetivo do projeto compartilhado e espírito de equipe no time de execução, aumento da produtividade redução de custos devido a processos mais eficientes e prevenção de interferências levam a otimização das margens.

Os benefícios obtidos pela prática da Manutenção Centrada em Confiabilidade são vários, e podem ser traduzidos como sete benefícios, como listados a seguir:

- **Maior Segurança e Proteção Ambiental:** no conjunto de vantagens do RCM, a segurança operacional e a integridade do meio ambiente são os principais ganhos obtidos com a metodologia.
- **Desempenho Operacional Melhorado:** o desempenho operacional é melhorado porque os gestores do processo possuem informações técnicas para classificar melhores processos de manutenção para assegurar uma maior flexibilidade dos equipamentos no sistema produtivo.
- **Eficiência Maior de Manutenção (Custo-efetivo):** com as referências técnicas obtidas pelo RCM, os gestores do processo podem adotar os padrões de manutenção, para garantir que o valor investido na manutenção tenha um desempenho superior (KARDEC; NACIF, 1999).
- **Aumento da vida útil dos equipamentos:** a adoção das melhores práticas de manutenção garante que o equipamento receba a manutenção fundamental para atingir a sua função, concluir uma vida mais prolongada do equipamento.
- **Banco de Dados de Manutenção Melhorado:** A coleta de dados registrados proporciona uma grande quantidade de informações, que são extremamente necessárias para as devidas tomadas de decisões para qual melhor processo utilizar e acordo com o tipo de falha.
- **Trabalho em Equipe – Motivação:** as pessoas sentem-se mais motivadas para o trabalho quando colaboram com as avaliações e detecções dos pontos problemáticos do dia a dia. Isto eleva o compromisso dos colaboradores com a empresa.
- **Social:** a sociedade é a mais beneficiada com a obtenção dos resultados pela implantação correta do RCM, que tem como objetivo eliminar ou reduzir desperdícios, defeitos, falhas e busca pela melhoria contínua sem desperdício dos recursos naturais, ou seja, a Sustentabilidade busca pelo equilíbrio entre o suprimento das necessidades humanas e preservação dos recursos naturais, não comprometendo as próximas gerações.

3. CONCLUSÃO

Depois de explorar acerca da manutenção preventiva e seus processos de aplicação obedecendo as normas brasileiras de manutenção em equipamentos mecânicos, sob as diversas perspectivas sugeridas, é possível concluir que as intervenções programadas e planejadas por meios de planos de manutenção é obviamente a solução mais eficaz contra os principais fatores tipo: Desgastes, paradas constantes e quebras de equipamentos, sendo esses fatores que afetam os grandes setores de produção forçando na redução de lucros e outros mais, sendo assim, de fato, a manutenção é a forma mais eficaz além de ser um meio econômico para setor e garantindo outros benefícios para uma boa produção.

É de fundamental importância a definição de um sistema integrado de manutenção com planejamento e programações adequadas para redução de custos e quebras de equipamentos, na qual oferecendo uma previsão orçamentária de serviços de manutenção, entretanto este presente trabalho visa melhoria nos processos de manutenção obedecendo sempre planos de ações para suas aplicações buscando um melhor desempenho e reduzir os altos índices de quebras desses equipamentos.

Como o objetivo do trabalho é oferecer meios e caminhos de boa gestão de manutenção para equipamentos mecânicos guiado por projetos e planos de ações. Foram apresentadas as estratégias necessárias para a aplicação da manutenção de forma clara e sucinta para as intervenções da manutenção, além de todos os aspectos essenciais para a elaboração de um sistema estruturado de manutenção.

Portanto o objetivo desta presente revisão de literatura foi cumprido, uma vez que esclareceram sobre a aplicação da manutenção preventiva em equipamentos mecânicos, com a elaboração de técnicas, planos de manutenção e incentivando com os meios adequados para uma boa atuação nos resultados equivalentes para a empresa. E, portanto, através desse projeto, pretende-se estender seus meios na pesquisa com o tema proposto, na aplicação de sistemas tecnológicos e programáveis para mais eficácia na busca de menores impactos econômicos.

Referências

- ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acessado em 10 de outubro de 2000.
- ASSIS, R. *Manutenção Centrada na Fiabilidade, Economia das Decisões*. Lisboa: Lidel.1997.
- FERREIRA, L. L.. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2008.
- GODOY, L. P. et al. O impacto do lean manufacturing como fator de melhoria no desempenho produtivo. GEPROS. **Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 13, nº 2, 2018, p. 69-88.
- KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.
- MORAES, P.H.A. **Manutenção Produtiva Total: estudo de caso em uma empresa automobilística**. 2004. 90 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia,

Contabilidade e Administração, Universidade de Taubaté, Taubaté.

OHNO, TAIICHI. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala/Taiichi Ohno; Trad. Cristina Schumaker, Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T. O sistema toyota de produção: além da produção em larga escala. Artes Médicas,1997.

PINTO, J.P.O. **Organização e Gestão da Manutenção**. Curso de Formação. Porto: Cenertec – Centro de Energia e Tecnologia, Lda(1995).

RIBEIRO, H.. Total Productive Maintenance – **Manutenção Produtiva** Total.Banas Report.2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2002. 703 p.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica**. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

VIANA, H.R.G. PCM - **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1aed. Rio De Janeiro: Qualitymark, 2002. 192 p.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**, Belo Horizonte: editora de desenvolvimento gerencia, 1998.



CAPÍTULO 18

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

*THE IMPORTANCE OF QUALITY TOOLS IN INDUSTRIAL MAINTENANCE
MANAGEMENT*

Josiel Ramos da Silva¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Em meio ao cenário atual da globalização, a competitividade fica mais e mais acirrada e não há espaço para invenções fracassadas ou tempo para ficarem horas e horas analisando e planejando o que se fazer. No meio industrial não é diferente e para gerenciar os processos de manutenção industrial as ferramentas da qualidade se tornam uma realidade. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como problemática: Qual a importância da aplicabilidade das ferramentas da qualidade para o gerenciamento da manutenção industrial? E para responder a esse questionamento, o objetivo geral da pesquisa foi demonstrar a efetividade das ferramentas da qualidade na gestão da manutenção industrial. E para alcançar esse objetivo, foi realizada uma Revisão de Literatura com base em livros e artigos científicos. Não resta dúvida que o uso das ferramentas da qualidade como apoio ao gerenciamento da manutenção industrial é de fato uma questão de sobrevivência num ambiente de competições tão agressivas. Assim, as ferramentas da qualidade contribuem no gerenciamento da manutenção com identificação e resolução mais rápida de problemas, redução de desperdício, equipes mais produtivas e controle do cotidiano das empresas.

Palavras-chave: Ferramentas da Qualidade. Gerenciamento. Manutenção Industrial.

Abstract

Amidst the current scenario of globalization, fierce and there is no visible space for inventions hours and more fierce there is time to compare and the current and current hours. In the industrial environment it is no different and to manage industrial maintenance processes as quality tools make a reality. In this context, the present research had the following problem: What is the importance of the applicability of quality tools for the management of industrial maintenance? And to answer this question, the general research was the maintenance of quality tools in the management of the industry. And to achieve this goal, a Literature Review was carried out based on books and scientific articles. There is no doubt that the use of quality tools to manage industrial maintenance is indeed a matter of survival in such a fiercely competitive environment. Thus, quality tools contribute to maintenance management with faster identification and resolution of problems, waste reduction, more productive and daily teams of companies.

Keywords: Quality Tools, Management, Industrial maintenance.



1. INTRODUÇÃO

Diante do cenário globalizado e competitivo que as indústrias passam na atual conjuntura, manter-se em destaque no mercado é crucial para alcançar resultados positivos do ponto de vista econômico e fidelizar seus clientes, porém é necessário que as manutenções de seus equipamentos estejam em perfeito funcionamento.

Desse modo, uma grande aliada no processo da gestão da manutenção industrial são as ferramentas da qualidade, utilizadas para facilitar no gerenciamento das máquinas e equipamentos. O uso das ferramentas da qualidade têm sido um assunto cada vez mais recorrente nas empresas modernas, em especial nos processos industriais.

Diante do contexto apresentado, a relevância da pesquisa, justificou-se por ser atual e de grande relevância, uma vez que as ferramentas da qualidade, são fundamentais para o desenvolvimento da manutenção industrial e constituem instrumentos gerenciais que quando bem utilizados proporciona inúmeros benefícios para as empresas.

Dessa forma, chegou-se ao seguinte questionamento: Qual a importância da aplicabilidade das ferramentas da qualidade para o gerenciamento da manutenção industrial? Para responder a esse questionamento, a pesquisa teve como objetivo geral demonstrar a efetividade das ferramentas da qualidade na gestão da manutenção industrial e como objetivos específicos descrever uma contextualização histórica sobre a manutenção industrial, estudar sobre as ferramentas da qualidade e discutir os seus benefícios das ferramentas da qualidade na gestão da manutenção industrial.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Como proposta metodológica realizada no presente trabalho, será utilizada uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, com consultas a livros físicos da Biblioteca do Pitágoras, livros eletrônicos da Biblioteca 3.0 e Minha Biblioteca, artigos científicos nas bases de dados Scielo e Google Acadêmico. Os principais autores consultados foram Selem (2015), Gegório, Silveira (2018), Pieretti (2020), dentre outros. O período dos artigos pesquisados serão trabalhos publicados no período de 2010 a 2022 com as palavras-chaves: manutenção industrial, ferramentas da qualidade e gerenciamento.

2.2 Resultados e Discussão

A manutenção industrial constitui-se na conservação de todos os equipamentos de forma que todos estejam em condições ótimas de geração quando solicitados, ou, em casos de defeitos, estes possam ser separados no menor tempo possível e de maneira tec-

nicamente mais correta. Para Ferreira (2010) o termo manutenção deriva-se de duas palavras latinas, *Manus Tenere*, com significado traduzido por “ter à mão”, ou seja, manter o que se tem disponível. Significa a preservação das condições originais de equipamentos de modo a manter as funcionalidades requeridas.

Sobre o seu histórico, os primeiros indícios conforme Gregório; Silveira (2018) remete-se a história do desenvolvimento humano desde o surgimento das primeiras ferramentas. Com o advento dessas ferramentas, eram necessários certos cuidados com as mesmas, por mais rústicas que fossem a produção artesanal começou a decair, dando espaço à produção industrial.

Posteriormente, no século XVI, em meio ao crescimento da produção industrial, era extremamente importante que as máquinas estivessem em perfeito funcionamento (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018). Nesse período, com os crescentes trabalhos de manutenção nas máquinas e equipamentos e a evolução técnico-industrial foi se desenvolvendo conforme as mudanças fossem acontecendo no mundo das indústrias.

No entanto, o conceito de manutenção como a da atual conjuntura, só veio surgir com a mecanização em larga escala da indústria, na Revolução Industrial, nos séculos XVIII e XIX. Assim, até pelo menos 1914, a manutenção era algo praticamente inexistente, sem importância. Assim, toda e qualquer fábrica ou meio industrial no qual possui atividade de fabricar algo precisa de vários meios que permitam a produção. Entre estes meios essenciais encontra-se o departamento denominado manutenção (ALMEIDA, 2014).

A evolução das técnicas de manutenção industrial foram divididas em cinco gerações:

- Primeira geração: abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando os equipamentos eram simples. A produtividade não era prioridade, então, eram realizados apenas serviços de limpeza e lubrificação, além de reparos após a quebra, caracterizando uma manutenção corretiva não programada.
- Segunda geração: entre os anos 1950 e 1970, houve aumento da mecanização e necessidade de maior disponibilidade, confiabilidade e produtividade. Os custos de manutenção começaram a se elevar e surgiu o conceito de manutenção preventiva.
- Terceira geração: inicia a partir da década de 1970, quando o sistema just in time fazia com que pequenas pausas para manutenção paralisassem a fábrica. A necessidade de monitoramento de condições deu origem à manutenção preditiva, facilitada pelo uso de tecnologias.
- Quarta geração: caracterizada por minimização de manutenções corretivas e preventivas, análise de falhas, preocupação com segurança e meio ambiente, gerenciamento de ativos.
- Quinta geração: ocorre a partir de 2005, em que o foco é a gestão de ativos, que devem produzir em sua capacidade máxima para obter o melhor retorno. A manutenção preditiva ganha ainda mais atenção com o monitoramento das condições de forma on e off-line(GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018, p.14).

Através da primeira geração da manutenção, que foi de 1914 a 1930, surge o conceito de manutenção corretiva. De acordo com Carreira; Silva; Carreira (2010) a partir da Segunda Guerra Mundial surge a segunda geração, indo até meados da década de 1960, houve uma diminuição na mão de obra das fábricas, o que levou ao aumento da mecanização. Entende-se então que com a dependência das máquinas, surgiu a ideia de que os problemas não só poderiam ser evitados como deveriam, o que culminou no conceito de manutenção preventiva.

Já a manutenção preditiva surgiu na terceira geração. Nessa fase, os equipamentos passam a ser monitorados constantemente com o intuito de indicar suas condições de funcionamento, sejam elas mecânicas, eletrônicas, pneumáticas e etc. Assim, é possível prever o tempo de vida útil daquele componente e antecipar o surgimento de defeitos, reduzindo os custos para a empresa (SELEME, 2015).

Com os conflitos gerados pela Segunda Guerra Mundial surge a necessidade de mecanização e com as dependências da máquina surge a ideia de que os problemas não só poderiam ser evitados como deveriam, o que culminou no conceito das manutenções. A partir de então, os equipamentos já passaram a ser monitorados com o intuito de indicar suas condições de funcionamento, sejam elas mecânicas, eletrônicas e pneumáticas, etc. e assim, é possível prever o tempo útil de vida dos equipamentos e defeitos, reduzindo os custos para a empresa (CARREIRA; SILVA; CARREIRA, 2020).

Até o final do século XIX, a manutenção era, muitas vezes, de responsabilidade do usuário do equipamento. A nível de Brasil, Bueno (2020) diz que no início do seu desenvolvimento industrial, a baixa da qualidade e a produtividade industrial, a baixa utilização e os altos custos de operação e de produção refletiam justamente em um baixo nível ou até inexistência quase total de organização na manutenção. Assim, com o passar dos anos, com o amadurecimento industrial e a necessidade de sobrevivência, fez-se sentir a necessidade de reestruturação e de acordo com Xenos (2014) principalmente no nível e na filosofia da organização da manutenção industrial, de modo que, a manutenção ganhou o seu destaque no processo produtivo. Como não poderia deixar de ocorrer, em benefício próprio das empresas e indústrias.

No início do século XX, com o aumento do volume de produção e o surgimento da produção em série, a manutenção passou a ser de responsabilidade de um departamento específico da organização (GREGÓRIO; SILVEIRA, 2018). Nessa época, a filosofia das empresas era "operar sem parar". Assim, a manutenção industrial passou ao longo do tempo por evoluções sucessivas, buscando resultados melhores de desempenho, surgindo assim, os primeiros relatórios ou dados estatísticos sobre taxas de falha em motores, equipamentos e outros ativos começam a aparecer.

Esta evolução foi dividindo de forma conceitual a manutenção, refletindo nas estratégias formuladas nos equipamentos, constituindo os sistemas de manutenções estabelecidos para cada planta industrial. Desta forma pode-se apresentar a divisão tradicional que a manutenção pode ser corretiva, preventiva e preditiva.

As principais características das manutenções são que afeta diretamente a disponibilidade dos ativos necessários, a capacidade técnica da manutenção é fundamental para a performance da área da empresa (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2010). Todas as empresas que

produzem bens e realizam serviço, precisam de uma forma geral, realizar manutenções em seus equipamentos para garantir a qualidade e a importância desse procedimento é inegável ao ponto de vista da organização e na qualidade dos serviços ofertados aos clientes.

Entende-se por manutenção corretiva, o conjunto de procedimentos que são executados com a finalidade de atender imediatamente a produção, a máquina ou o equipamento que parou (CORDEIRO; ASSUNÇÃO, 2016). Dessa forma, a manutenção corretiva é indicada quando as máquinas ou equipamentos industriais estão com falhas graves e é necessário a restauração do equipamento para o seu pleno funcionamento e exige mais tempo para ser realizada e o custo é mais elevado em comparação a preventiva.

Nessa perspectiva, a lógica do gerenciamento em manutenção corretiva é simples e direta: quando uma máquina quebra, conserte-a. Este método (“Se não está quebrada, não conserte”) de manutenção de maquinaria fabril tem representado uma grande parte das operações de manutenção da planta industrial, desde que a primeira fábrica foi construída e, por cima, parece razoável (OTANI; MACHADO, 2010, p. 56).

Sobre a manutenção preventiva, essa é efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com os critérios prescritos, destinado a reduzir a probabilidade de falhas ou a degradação do funcionamento de um item (PAIVA; SODRÉ; CASTRO, 2019). As ações realizadas por medidas de precaução para evitar ou diminuir a probabilidade de falhas ou um nível inaceitável de degradação em serviços em vez de corrigi-los depois que eles ocorrem e esse tipo de manutenção exige do profissional que está fazendo a manutenção alguns testes, elaborados relatórios de desempenho e troca de peças, além de programar períodos para troca de óleo, limpeza de suspiro e verificação de temperatura.

Já a manutenção preditiva trabalha a prevenção das falhas buscando prever quando elas irão ocorrer. Para Almeida (2014) pode ser definida como sendo a que indica as reais condições de funcionamento da máquina de acordo com dados obtidos com base nos fenômenos apresentados por ela quando alguma peça começa a se desgastar.

Através da realização das manutenções preditivas, é possível garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação semiótica de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragens, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva (SELEME, 2015). Utiliza-se métodos de medição modernos e de processamentos de sinais para diagnosticar com precisão das condições dos itens dos equipamentos durante a pane.

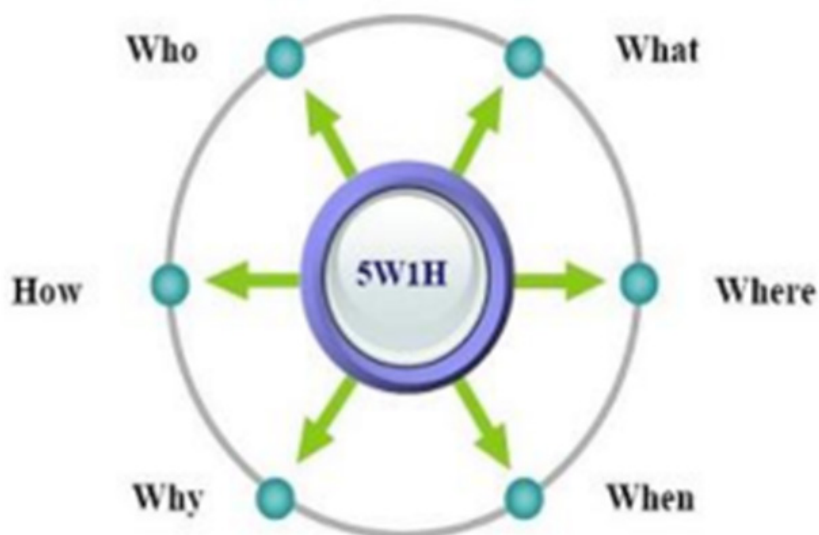
É certo que no setor industrial para gerenciar os processos e, sobretudo, tomar decisões com maior precisão, se faz necessário trabalhar com base em fatos e dados (SOUZA; 2018). Ou seja, informações geradas no processo buscando e interpretando corretamente as informações disponíveis como forma de eliminar o empirismo. Para tanto, Lemos ; Albernaz; Carvalho (2011) discorrem que existem técnicas importantes e eficazes, denominadas de ferramentas da qualidade, capazes de propiciar a coleta, o processamento e a disposição clara das informações disponíveis, ou dados relacionados aos processos gerenciados dentro das organizações.

Dessa forma, as ferramentas de gestão da qualidade são técnicas e procedimentos



operacionais utilizadas para atender os requisitos para a qualidade e obter a excelência. Condições estas que buscam aumentar a eficiência e a produtividade de suas operações, segundo Senna et al. (2021). Diante do exposto verifica-se que as empresas necessitam utilizar ferramentas de qualidade para aumentar seus ganhos e conseguir suprir as necessidades esperadas de seus clientes.

A ferramenta 5W2H ou como é comumente conhecida plano de ação é uma ferramenta muito utilizada para elaborar e implementar soluções nas organizações, através de um plano de ação (PIERETTE, et al., 2020) como mostra a figura 1 a seguir:



H

Figura 1 – 5 W2H
Fonte: Hosken (2012, p.8)

Como observa-se na figura 1 acima, o sistema 5W2H traduz a utilização de perguntas (elaboradas em inglês) bem utilizada pelas empresas com o objetivo de gerar respostas que esclareçam o problema a ser resolvido ou que organizem as ideias na resolução de problemas. De acordo com Hosken (2012, p. 138) os elementos podem ser descritos da seguinte forma:

WHAT - O que será feito (etapas) HOW - Como deverá ser realizado cada tarefa/etapa (método) WHY - Por que deve ser executada a tarefa (justificativa) WHERE - Onde cada etapa será executada (local) WHEN - Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo) WHO - Quem realizará as tarefas (responsabilidade).

O 5W2H é um documento de forma organizada que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, por meio de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas (SOUZA, 2018). No gerenciamento da manutenção industrial, essa ferramenta é indicada principalmente naquelas que apresentam muitas falhas, desorganização e atividades mal-acabadas, já que muitas precisam e dependem de um norteamto para concluir suas ações e atividades (PIERRETTI, 2021). Nesse caso fala-se norteamto pelo fato de muitas organizações considerarem-se “perdidas” em suas ações e não encontrarem soluções ou ações de seus colaboradores para resolver certas situações que ocorrem diariamente no ambiente de trabalho.

Outro aspecto que chama atenção na ferramenta 5W2H mencionado por Sousa; Agostino; Oliveira (2016) é que a mesma traz muitas utilidades e facilidades não só na organização e planejamento de atividades, mas também na distribuição de tarefas. Além de que permite que os gestores possam acompanhar todo o processo ocorrido no ambiente de trabalho, o que de certa forma traz a esses gestores um controle das atividades que estão sendo realizadas dentro da organização, e também o controle do que cada colaborador está realizando.

Contribuindo com essa discussão sobre as ferramentas da qualidade utilizadas no gerenciamento da manutenção industrial, tem-se o Diagrama ou Gráfico de Pareto, que se fundamenta no princípio de que as causas relacionadas à qualidade devem ser classificadas em fatores vitais ou triviais. Foi desenvolvido pelo economista italiano, Vilfredo Pareto, no século XIX; Pareto desenvolveu a regra 80/20, quer dizer que 80% das atividades são causadas por 20% dos fatores. Isto é, 80% dos problemas resultam de cerca de apenas 20% das causas potenciais (LOBO, 2020).

O autor Sena et al. (2021) diz que o diagrama de Pareto é um gráfico de barras no qual os fatores são indicados em ordem decrescente de frequência ao longo do eixo horizontal como mostra a figura 2 a seguir.

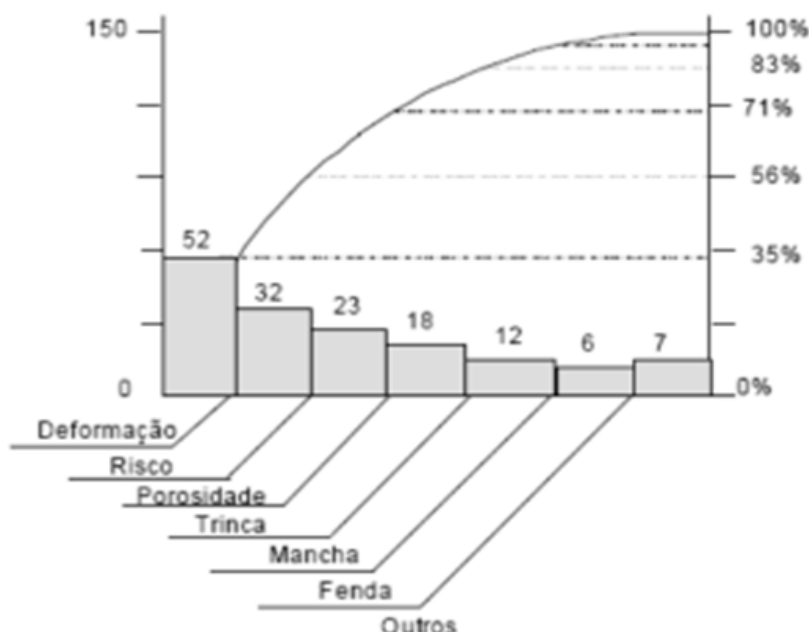


Figura 2-Diagrama de Pareto
Fonte: Hosken (2012, p.5).

Nesse entendimento, o Diagrama de Pareto, trata-se de um diagrama de barras verticais que mostra informações para identificar problemas, e depois dar prioridade para solucionar essas causas e identificar os fatos. É importante enfatizar que o Diagrama de Pareto segundo Lobo (2020) apresenta um gráfico de barras com a identificação dos fatores, e sua frequência nos problemas juntamente com os dados percentuais para uma melhor leitura, já que é analisado pela regra 80/20.

De acordo com o estudioso Hosken (2012, p. 4) o Diagrama de Pareto é utilizado

para:

Identificar os problemas; achar as causas que atuam em um defeito; descobrir problemas e causas; melhorar a visualização da ação; priorizar a ação; confirmar os resultados de melhoria; verificar a situação antes e depois do problema e detalhar as causas maiores em partes específicas, eliminando a causa.

Portanto, o Diagrama de Pareto pode se relacionar com as seguintes ferramentas da qualidade: Folha de verificação que utiliza uma lista para obtenção de dados; Brainstorming que identifica quais os objetos que são responsáveis pelas maiores causas; e o Diagrama de causa e efeito que após listar a causa do problema, através do diagrama de Pareto, elabora um Diagrama de causa e efeito, com o levantamento das possíveis causas e a descrição dos problemas.

No gerenciamento da manutenção industrial a lista de verificação é utilizada para registrar as informações dos itens a serem examinados, prontamente analisados, busca-se avaliar a situação do problema, evitando futuros erros (PENEDO, et al., 2020). Trata-se de um bloco de folhas utilizado para anotar a frequência de eventos de determinados produto ou serviço relacionadas à qualidade como mostra a figura 3 a seguir.

| Tipo de Defeito | Verificação | Total |
|-----------------|-------------|-----------|
| Trinca | //// // | 15 |
| Risco | //// // | 30 |
| Mancha | //// // | 10 |
| Folga | //// // | 27 |
| Outros | //// // | 08 |
| Total | | 90 |

Figura 3 - Lista de verificação

Fonte: Hosken (2012, p.3).

Segundo Hosken (2012) a lista de verificação “é uma ferramenta usada para quantificar a frequência com que certas ocorrências acontecem num certo período de tempo”. Cabe ressaltar que esta ferramenta da qualidade foi desenvolvida para registrar as informações dos itens a serem examinados, prontamente analisados, busca-se avaliar a situação do problema, evitando futuros erros.

Dentre as ferramentas da qualidade utilizadas no gerenciamento da manutenção industrial, o histograma é composto de um gráfico de barras verticais que mostra a distribuição de dados por classe (PENEDO, et al., 2020). Neste gráfico, como mostra a figura 4, é apresentada a frequência com que determinados eventos ocorrem dentro de um processo.

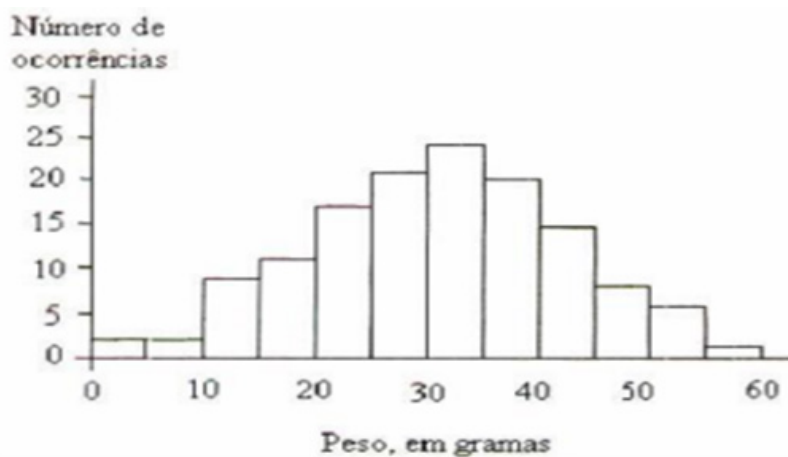


Figura 4 - Histograma
Fonte: Lobo (2020, p.56).

O histograma é “uma ferramenta que nos permite conhecer as características de um processo ou um lote de produto permitindo uma visão geral da variação de um conjunto de informações” (HOSKEN,2012, p.13). Portanto, histograma é uma ferramenta da qualidade utilizada no gerenciamento da manutenção industrial para averiguar a frequência de um item com defeito ou se o produto está dentro das normas de padronização, outra característica dessa ferramenta é a elaboração de um gráfico para mostrar o grau de ocorrência por cada categoria.

Nos últimos anos, a contínua procura por modernização e melhoria da qualidade, iniciada ainda no ambiente da indústria e o cuidado com a qualidade não é mais apenas uma distinção quando comparada a outras organizações, mas sim uma ação imperativa. Tornou-se um pré-requisito básico para a permanência e a competitividade das organizações, no mundo modernizado (SOUSA; AGOSTINHO; OLIVEIRA, 2016).

E nessa seara, é importante mencionar que para as organizações obtenham êxito no processo de implantação das ferramentas da qualidade no gerenciamento da manutenção industrial é necessário que os gestores mudem a visão e o comportamento dos funcionários que fazem parte da organização. E isso talvez possa ser alcançado através de processos educacionais para aperfeiçoamento dos profissionais e trabalhando com treinamentos para que se reduzam as perdas de acordo com (GOBIS; CAMPANATTI, 2012).

Para um bom gerenciamento da manutenção industrial faz-se necessário para os gestores saber identificar os problemas e fazer o planejamento de qual ferramenta da qualidade será utilizada para solucionar os problemas. Dentre os diversos benefícios das ferramentas da qualidade na manutenção, destaca-se o aumento da produtividade e a funcionalidade das máquinas e equipamentos (PENEDO, et al. 2020). Nesse contexto, as ferramentas e metodologias da qualidade estão cada vez mais presentes nos processos de gestão da manutenção.

As organizações que optam por aplicar as ferramentas de gestão de qualidade têm inúmeros benefícios, como: aumento da produtividade, através da melhoria contínua dos processos; melhoria da qualidade dos produtos; redução no desperdício dos recursos, através de controle dos processos; redução de custos com a sistematização dos processos, reduzindo as perdas de refugo, os prazos de entrega e os gargalos de produção. Paladini (2015, p.121) relata os seguintes benefícios das ferramentas de qualidade no

gerenciamento da manutenção industrial:

aumento da produtividade; - melhoria na qualidade de produto; - redução do custo de cada unidade; - redução nas perdas de refugos; - redução nos prazos de entrega; - redução na inspeção; - redução dos gargalos de produção; - melhoria no moral dos empregados; - aumento do prestígio na empresa; - menor número de reclamações de consumidores; - economia em uso de material; - maior interesse nas atividades; - motivação para melhorar o trabalho; - aprimoramento dos métodos e nos testes de inspeção; - otimização do tempo nas realizações das tarefas.

Outro benefício proporcionado é a melhoria na comunicação e a motivação para melhoria no trabalho em equipe e a otimização do tempo nas realizações das atividades (GOBIS; CAMPANATTI, 2012). Por fim, ressalta-se que o objetivo das ferramentas de qualidade é buscar melhorias no produto, nas atividades, na visão do trabalho e na produtividade e estas melhorias estão fortemente ligados na conquista de melhores níveis de qualidade. Um programa que funciona bem dificilmente deixará de trazer benefícios para a organização.

3. CONCLUSÃO

A presente pesquisa teve como objetivo geral demonstrar a efetividade das ferramentas da qualidade na gestão da manutenção industrial. Para tanto foi realizado uma contextualização histórica sobre a manutenção industrial passando pelas cinco gerações que antecederam o cenário atual da indústria. Também conforme foi visto no presente trabalho, existem diversas formas de manutenção industrial. Também observou-se que os autores têm exposto suas opiniões a respeito do tema, abordando as diversas possibilidades e vantagens da manutenção industrial.

Através da pesquisa, foi possível conhecer os principais conceitos e aplicabilidades das ferramentas da qualidade mais utilizadas no gerenciamento da manutenção industrial, tais como o 5W2H, o diagrama de Pareto, lista de verificação e o histograma e os benefícios da sua utilização no gerenciamento da manutenção industrial.

Conclui-se que as ferramentas da qualidade quando bem empregadas proporcionam muitos benefícios para as indústrias, principalmente na questão do gerenciamento. Cita-se assim, como benefícios aumento de produtividade, produção com melhores processos da melhoria contínua dos processos; equipe mais motivada, melhoria da qualidade dos produtos, redução do número de desperdícios através de controle dos processos; redução de custos, menores prazos de entrega e conseqüentemente a satisfação dos clientes.

Por fim, espera-se que o conteúdo da presente pesquisa sirva de base para novos estudos de acadêmicos de Engenharia Mecânica, bem como para profissionais que atuem no âmbito da manutenção industrial sobre a utilização dessas ferramentas.

Referências

- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.
- BUENO, Edson Roberto Ferreira. **Gestão da manutenção de máquinas**. Curitiba: Contentus, 2020.
- CARREIRA, Filipe; SILVA, Luís; CANEIRA, Tiago. **Manutenção - Evolução e Sua Importância**. 2010. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2010.
- CORDEIRO, José Carlos Alves; ASSUMPÇÃO, Maria Rita Pontes. **Indicadores para gestão na manutenção corretiva**. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 173-182, 2016. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br>. Acesso em: 29.mar.2022.
- FOGLIATTO, Flávio; RIBEIRO, José Luís Duarte. **Confiabilidade e manutenção industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- FERREIRA, Livia Lima. **Implementação da Central de Ativos para melhor desempenho do setor de manutenção: um estudo de caso Votorantim Metais**. 2010. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010. Disponível em: https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2009_1_Livia.pdf. Acesso em: 23 mar. 2022.
- GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Morais da. **Manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- GOBIS, Marcelo Aparecido; CAMPANATTI, Reynaldo. **Os benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de qualidade dentro das indústrias do setor. Alimentício**. *Revista Hórus*. Disponível em: <http://revistaadmmade.estacio.br/index.php/revistahorus/article/view/4004>. Acesso em: 20 abr.2022.
- HOSKEN, Márcio José de Campos. **Produzindo e montando sua qualidade**. 2012.
- LEMONS, Mateus; ALBERNAZ, Claudia Marcia R. Machado; CARVALHO, Rogerio Atem de. **Qualidade da Manutenção**. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_tn_sto_135_859_18052.pdf. Acesso em: 13. maio.2022.
- LOBO, Renato Noiguerol. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Erica:2020.
- OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**, v. 4, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16>. Acesso em: 29 mar.2022.
- PAIVA, Jefferson de Souza; SODRÉ, Renato Brasil; CASTRO, Anderson de Oliveira. The use of management tool as facilitator of the industrial. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, 2019. Edition. 19.Vol: 05. Disponível em: <https://itegam-jetia.org/journal/index.php/jetia/article/view/497> Acesso em: 29 mar.2022.
- PALLADINI, E. P. **Gestão Estratégica da Qualidade: Princípios, métodos e processos**. São Paulo, Editora Atlas, 2015.
- PENEDO, Lucas S. Utilização das ferramentas da qualidade nos processos de manutenção, visando o desperdício de tempo e a produtividade. **Revista Teccen**. Disponível em: <http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/2262>. Acesso em: 17 abr.2022.
- PIRETTI, Rafael Follmann.et al. Análise de indicadores de desempenho individual aplicado a manutenção industrial. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, e129963660, 2020. Disponível em:
- SELEME, Robson. **Manutenção Industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Editora Intersaberes.2015.
- SENA, Jessica Rocha. Aplicação do Diagrama de Pareto e a metodologia TPM como forma de melhoria no processo produtivo e redução downtime. **South American Development Society Journal**. Disponível

em:<https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/448>. Acesso em: 20 abr.2022.

SOUSA, Saymon Ricardo de Oliveira; AGOSTINHO, Icaro Amanda Souza; OLIVEIRA, Ricardo Daher. A implantação de um sistema de informações para o monitoramento e análise de falhas: Um estudo aplicado ao processo de manutenção industrial de equipamentos móveis. **Revista Espacios**. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a16v37n23/16372321.html>. Acesso em :16 abr.2022.

SOUZA, Stefania Márcia de Oliveira. **Gestão da qualidade e produtividade**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

XENOS, Harilaus. **Gerenciando a manutenção produtiva**: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. São Paulo: Falconi,2014.

CAPÍTULO 19

ESTUDO DE PROCESSOS PARA OBTENÇÃO DE FERRO FUNDIDO: FUNDIÇÃO E SUAS APLICABILIDADES

*STUDY OF PROCESSES FOR OBTAINING CAST IRON: FOUNDRY AND
ITS APPLICABILITIES*

Paulo Victor Louredo Mello¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O ferro fundido e os seus derivados são de enorme importância e grande aplicabilidade para os setores da engenharia. A obtenção deste material conta com vários processos para que se tenha as características desejadas. Este trabalho elucida de forma resumida o processo de fundição, os conceitos e as matérias primas utilizadas. Neste trabalho são apresentadas as principais classes do ferro fundido, suas características, suas composições básicas e algumas aplicabilidades. Este trabalho cita a influência dos principais elementos que compõe o ferro fundido, o carbono, o silício e o fosforo, como também o papel de influência que a velocidades de resfriamento desempenha na formação do ferro fundido. Com este trabalho, fica claro que o teor do carbono influi na formação do tipo de liga, e a velocidade de resfriamento e a composição química desempenham um papel relevante na formação do fundido, bem como na qualidade do produto final.

Palavras-chave: Fundição, Influência, Classes dos ferros fundidos.

Abstract

Cast iron and its derivatives are of enormous importance and great applicability to the engineering sectors. Obtaining this material has several processes in order to have the desired characteristics. This work briefly elucidates the casting process, the concepts and the raw materials used. This work presents the main cast iron classes, their characteristics, their basic compositions and some applicability. This work cites the influence of the main elements that make up cast iron, carbon, silicon and phosphorus, as well as the influence role that cooling speeds play in the formation of cast iron. With this work, it is clear that the carbon content influences the formation of the type of alloy, and the cooling rate and chemical composition play a relevant role in the formation of the melt, as well as in the quality of the final product.

Keywords: Smelting, Influence, Cast iron classes

1. INTRODUÇÃO

Desde a pré-história quando os povos aprenderam a manusear e construir utensílios e ferramentas a partir do ferro, esse material se mostrou como de grande importância para a sociedade e para a construção da mesma. Hoje em dia na indústria não é diferente. Com a evolução e o domínio do processo de fundição, os fundidos ganharam cada vez mais aplicabilidade.

A introdução de ligas possibilitou a criação de classes e a obtenção de características mecânicas mais interessantes para o ferro fundido, aumentando sua aplicabilidade em larga escala nos ramos da indústria de máquinas e equipamentos, automobilística, ferroviária e naval, por exemplo.

Com uma imensa gama de aplicações em vários setores, principalmente da mecânica, o estudo e a procura por melhorias nesse ramo que cada dia mais vem alcançando novas proporções se faz de suma importância, pois as exigências no que tange as propriedades deste tipo de material também cresceram, pois cada vez mais vem se buscando melhorias nas aplicações deste material.

O estudo sobre os materiais sempre foi de grande relevância para a indústria, e cada vez mais se procura conhecer os processos envolvidos e suas respectivas melhorias na composição do mesmo. Analisando o ferro fundido, busca-se compreender quais os meios de sua produção e o que influencia os seus tipos e quais são suas características.

Este trabalho visa fazer um estudo e uma análise desde a fabricação até a formação do ferro fundido com seus diferentes tipos e propriedades, os fatores que influenciam na sua formação, bem como suas aplicabilidades. O estudo desse material é um ponto nevrálgico para a sociedade que desde a sua formação tem-se o ferro como alicerce.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este artigo será desenvolvido com base em revisão de literatura, onde serão pesquisados artigos, livros e dissertações, sobre processos de fundição, metalurgia e influência de elementos na composição do ferro fundido. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos nos últimos 25 anos. As palavras chaves utilizadas serão: ferro fundido, fundição, metalurgia, siderurgia.



2.2 Resultados e Discussão

O processo de fundição de metais e ligas metálicas é relativamente antigo. Durante muito tempo, o homem utilizou materiais diversos para atender às suas necessidades de fabricar ferramentas, artefatos e utensílios para o dia a dia (TÂMEGA, 2017, p. 10). Ainda segundo Tâmega (2017, p. 10) “a fundição de metais e ligas metálicas passa a ser conhecida e utilizada por volta de 4000 a.C. Já o ferro tem lugar na forma fundida por volta de 1300 a 1000 a.C”.

De acordo com Groover (2014, p. 101) “fundição é um processo no qual metal fundido, no estado líquido, flui pela força da gravidade, ou por ação de outra força, num molde em que ele solidifica com a forma da cavidade do molde. O termo fundido é aplicado ao componente ou peça obtido por esse processo”.

É sabido que o ferro fundido é feito através do minério de ferro que é extraído e encaminhado para as siderúrgicas. De acordo com Yokoji et al. (2007) as matérias-primas básicas do processo são minério de ferro, carvão-mineral e calcário, mas muitos outros insumos e utilidades são empregados.

O alto forno domina o cenário na produção do ferro gusa, segundo Yokoji (2007) O alto-forno é considerado o reator mais complexo da metalurgia. No seu interior ocorrem centenas de reações e estão presentes os 3 estados da matéria: sólidos, líquidos e gases.

Complementa Tâmega (2017) o alto-forno é uma estrutura composta por um tipo de forno de cuba, onde é produzido o ferro-gusa a partir da combinação do minério de ferro, carvão mineral (coque) ou vegetal e calcário (fundente), que são alimentados pela parte superior do alto-forno. O ar pré-aquecido é soprado pela parte inferior, originando o processo chamado de redução dos óxidos.

O corpo principal do alto-forno é composto da goela, cuba, ventre, rampa e cadinho assim definidos em função da geometria e da função de cada região, conforme demonstra Yokoji (2007) na figura 1:

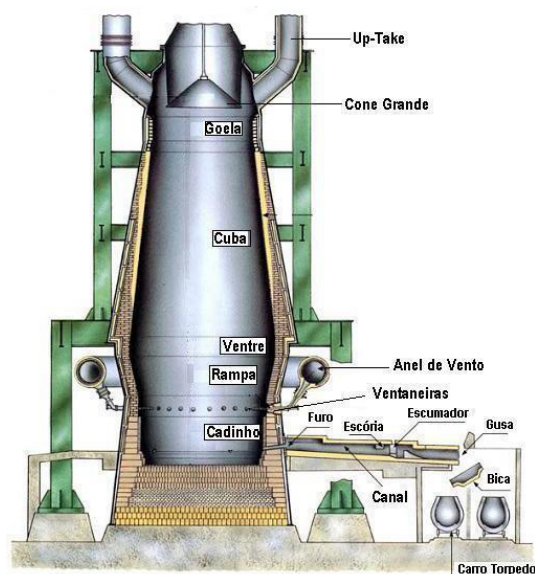


Figure 1- corpo principal do alto forno
Fonte: Yokoji et al (2007, p. 60)

Soares (2000) descreve de forma reduzida as técnicas para obtenção de ferros fundidos:

A fusão de ferros fundidos é feita a partir de um carregamento consistindo basicamente de ferro-gusa, retorno de fundição (ou sucata interna) e sucata de aço, devidamente balanceados para obtenção da composição desejada. Além disso são adicionados ferro-ligas para correção de teores dos diversos elementos, sendo que o forno mais indicado para a preparação do metal é o forno de indução. Após a fusão, o metal é inoculado - normalmente com liga Fe-Si - em panela ou diretamente no molde, com o intuito de garantir uma microestrutura de células eutéticas pequenas e homogêneas. A inoculação tem um efeito positivo sobre a resistência do ferro.

2.2.1 Definição e classificação dos ferros fundidos

Costuma-se definir ferro fundido como liga de Fe-C com teor acima de 2%, no entanto o silício exerce certa influência nessa liga, pois está frequentemente presente em teores acima do próprio carbono. Segundo Colpaert (2008, p. 550) "ferro fundido são ligas à base de ferro com composição química próxima ao eutético ferro carbono".

De acordo com Chiaverini (2012, p. 494) "ferro fundido é a liga ferro-carbono-silício, de teores de carbono geralmente acima de 2,0%, em quantidade superior à que ser retida em solução sólida na austenita, de modo a resultar carbono parcialmente livre, na forma de veios ou lamelas de grafita".

Segundo Chiaverini (2012, p. 494) dentro do termo "ferro fundido", podem ser distinguidos os seguintes tipos de ligas:

- ferro fundido cinzento – cuja fratura mostra uma coloração escura (donde a sua denominação), caracterizada por aumentar com elementos de liga fundamentais o carbono e o silício e estrutura em que uma parcela relativamente grande do carbono está no estado livre (grafita lamelar) e outra parcela no estado combinado (Fe₃C);
- ferro fundido branco – cuja fratura mostra uma coloração clara (donde a sua denominação), caracterizado por apresentar ainda como elementos de liga fundamentais o carbono e o silício, mas cuja estrutura, devido às condições de fabricação e menor teor de silício, apresenta o carbono quase inteiramente na forma combinada (Fe₃C);
- ferro fundido mesclado – cuja fratura mostra uma coloração mista entre branca e cinzenta (donde a sua denominação), caracterizado igualmente por uma mescla de proporções variáveis de ferro fundido branco e ferro fundido cinzento;
- ferro fundido maleável – caracterizado por ser obtido a partir do ferro branco mediante um tratamento térmico especial (maleabilização), resultando numa transformação de praticamente todo ferro combinado em grafita na forma de nódulos

(em vez de veios ou lamelas);

- ferro fundido nodular – caracterizado por apresentar, devido a um tratamento realizado ainda no estado líquido, o carbono livre na forma de grafita esferoidal, o que confere ao material características de boa ductilidade, donde a denominação frequente para este material de ferro fundido dúctil.
- ferro fundido com grafita compacta – caracterizado pelo fato da grafita apresentar-se em “escamas” ou seja com a forma de plaquetas ou estrias, motivo pelo qual tem sido também designado por “quase-escama”. Outras denominações são: escama agregada, semi-ondular e vermicular. É um produto que, como o ferro nodular, exige adição de elementos especiais como terras raras, com um elemento adicional, como o titânio, que reduz a formação de grafita esferoidal. O ferro fundido de grafita compacta, pode ser considerado um material intermediário entre o ferro fundido cinzento e o ferro nodular, possui fundibilidade do ferro fundido cinzento, com melhor resistência mecânica e alguma ductilidade. Sua comercialização é relativamente recente (CHIAVERINI, 2012, p. 494).

A tabela a seguir demonstra a composição dos 5 principais tipos de ferro fundido, sem elementos de liga:

| Tipo | Composição química % | | | | |
|--------------------|----------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| | C | Si | Mn | S | P |
| Branco | 1,8 / 3,6 | 0,5 / 1,9 | 0,25 / 0,80 | 0,06 / 0,20 | 0,06 / 0,20 |
| Maleável | 2,2 / 2,9 | 0,9 / 1,9 | 0,15 / 1,20 | 0,02 / 0,20 | 0,02 / 0,20 |
| Cinzento | 2,5 / 4,0 | 1,0 / 3,0 | 0,20 / 1,00 | 0,02 / 0,20 | 0,02 / 1,00 |
| Nodular | 3,0 / 4,0 | 1,8 / 2,8 | 0,20 / 1,00 | 0,01 / 0,25 | 0,01 / 0,10 |
| Grafita compactada | 2,5 / 4,0 | 1,0 / 3,0 | 0,20 / 1,00 | 0,01 / 0,03 | 0,01 / 0,10 |

Tabela 1 - Faixa de composição de ferros fundidos típicos comuns
Fonte: CHIAVERINI (2012, p. 472)

2.2.1.1 Ligas e diagrama Fe-C

A liga com teor de carbono de 4,3%, e temperatura de 1148° (ponto C), segundo Chiaverini (2012, p. 472) “corresponde a liga de mais baixo ponto de solidificação ou fusão; essa liga é chamada de eutética”. Ainda segundo Chiaverini (2012, p. 472) as ligas entre 2,0 e 4,3% de carbono são chamadas hipoeutéticas; aqueles de carbono acima de 4,3% são chamados de hipereutéticos”. A figura 2 demonstra o ponto eutético.

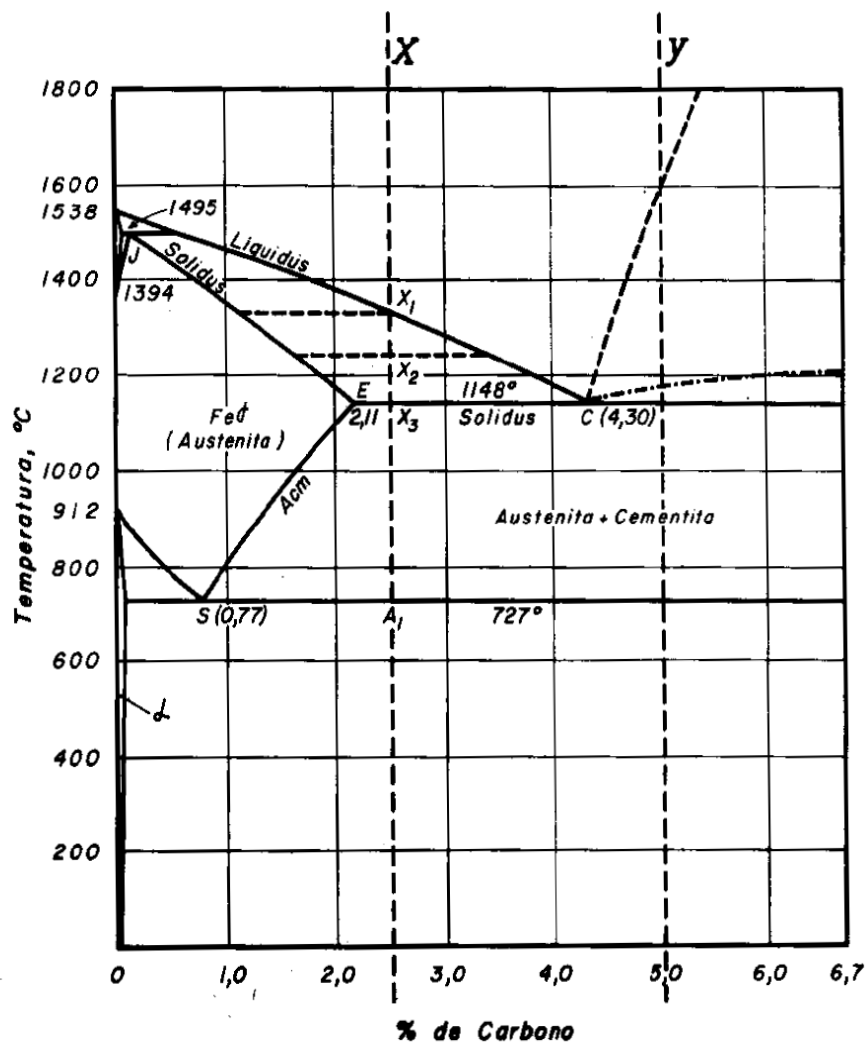


Figure 2 - Diagrama Fe-C
 Fonte: CHIAVERINI (2012, p. 473)

2.2.1.2 Classes de ferros fundidos

De acordo com Peixoto et al. (2015) “a quantidade de grafita na estrutura dos ferros fundidos é de bastante importância no ponto de vista estrutural. Quanto maior a quantidade de grafita presente na microestrutura do ferro fundido, menor será sua resistência mecânica”.

O ferro fundido é classificado em alguns tipos, de acordo com a forma da grafita, que segundo Peixoto et al. (2015) pode ser ferrítica, perlítica, ferrítico-perlítica, austenítica, martensítica. Como pode ser visto na Figura 3, sendo que cada matriz originará propriedades diferentes e classes de material diferentes.

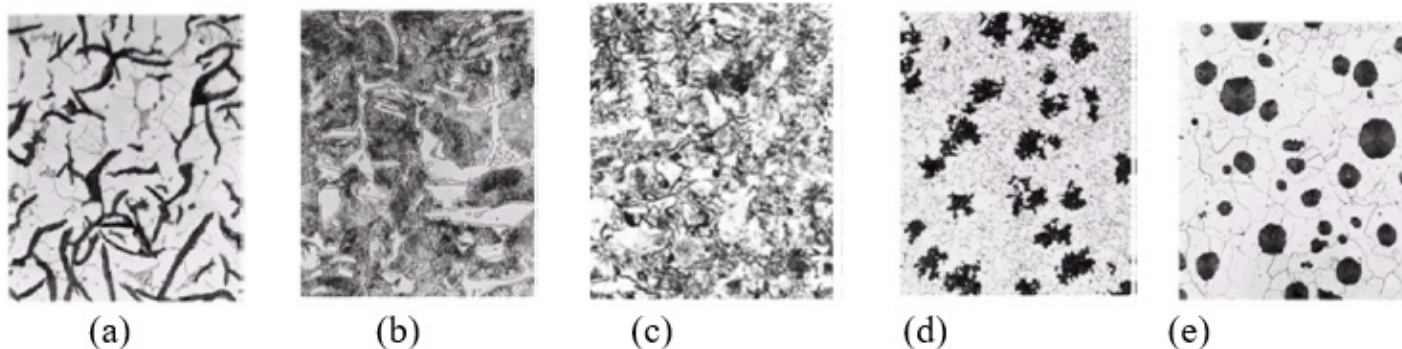


Figure 3 - Amostras de ferros fundidos: (a) cinzento; (b) branco; (c) mesclado; (d) maleável; (e) nodular
Fonte: PEIXOTO et al., 2015

Dentre os tipos de ferros fundidos apresentados por Chiaverini (2012, p. 494), serão descritas as características básicas e suas aplicabilidades das classes mais comuns: branco, cinzento e nodular.

2.2.1.3 Ferro fundido branco

Nesses materiais, praticamente todo o carbono se apresenta na forma de carboneto de ferro Fe_3C mostrando uma superfície de fratura clara. Suas propriedades fundamentais, devido a alta quantidade de cementita, são elevadas dureza e resistência ao desgaste (CHIAVERINI, 2012, p. 485). No entanto, são muito difíceis de se usar, ou seja, tem sua usinabilidade prejudicada.

Por conta de suas propriedades acima citadas, segundo Colpaert (2008, p. 558) seu emprego se restringe a aplicações em que se buscam dureza e resistência ao desgaste muito altas sem que a peça necessite ser, ao mesmo tempo, dúctil.

Aplicações típicas do ferro fundido branco ou coquilhado – Para equipamento de manuseio de terra, mineração e moagem (CHIAVERINI, 2012, p. 490).

2.2.1.4 Ferros fundidos cinzentos

Esta é, dentre os ferros fundidos, a liga mais usada, devido as suas características de: fácil fusão e moldagem, boa resistência mecânica, boa resistência ao desgaste, e boa capacidade de amortecimento (CHIAVERINI, 2012). Outro ponto para sua ampla utilização é ser um material que apresenta uma excelente usinabilidade.

De acordo com Chiaverini (2012) os ferros fundidos cinzentos apresentam-se dentro de uma faixa de composição química muito ampla: carbono entre 2,5% a 4%, silício de 1% a 3%, manganês de 0,2% a 1%, fósforo de 0,02% a 1% e o enxofre entre 0,02% a 0,25%.

Algumas das aplicações mais importantes dos ferros fundidos cinzentos estão presentes na tabela 2.

| Classe | Aplicações |
|--------|---|
| 20 | Utensílios domésticos; bases de máquinas; fundidos ornamentais, etc. |
| 25 | Aplicações idênticas as da classe 20, quando se necessita de maior resistência mecânica. |
| 30 | Elementos construtivos: pequenos tambores de freios, carters, blocos de motor, grades de filtro, rotores, pistões hidráulicos, etc. |
| 40 | Aplicações de maior responsabilidade, de maiores durezas e resistência a tração: engrenagens, bombas, bigornas, cabeçotes, etc. |

Tabela 2 - Aplicações dos ferros fundidos cinzentos, segundo as classes ASMT
 Fonte: CHIAVERINI (2012, p. 503), adaptada

2.2.1.5 Ferro fundido nodular

Este tipo de ferro fundido apresenta ductilidade, tenacidade e resistência mecânica. Entretanto a característica mais importante desse material segundo Chiaverini (2012, p. 537) “está relacionado com a resistência mecânica, é o limite de escoamento que é mais elevado no ferro fundido nodular do que no ferro fundido cinzento, maleável e mesmo nos aços carbonos comuns”.

De acordo com Colpaert (2008, p. 594) “a característica fundamental destas ligas está no ajuste da composição química e na inoculação do metal líquido, de modo a favorecer a formação de grafita em nódulos, ao invés de veios”. A grafita na forma esferoidal é obtida pela adição de determinados elementos no metal fundido, como magnésio, cério e alguns outros que devem ser bem controlados (CHIAVERINI, 2012, p. 537).

O teor de magnésio exerce efeito sobre a morfologia da grafita, como pode ser observado na figura 4:

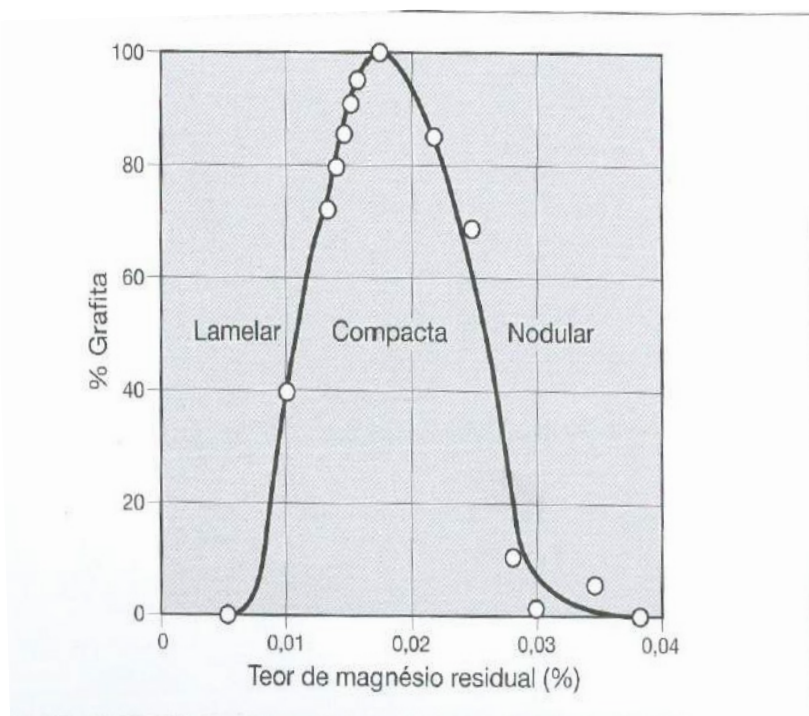


Figure 4 - Efeito do teor de magnésio sobre a morfologia da grafita
 Fonte: COLPAERT (2008, p. 594)

Por conta de suas características o ferro fundido nodular é amplamente utilizado para substituição do ferro cinzento e os aços em várias aplicações. Segundo Peixoto et al. (2015) algumas dessas aplicações são as cambotas, sapatas e tambores de travões, diferenciais, rodas dentadas, válvulas, condutas de água e outros fluidos e lingoteiras, entre outros.

2.2.2 Fatores que influem na estrutura do ferro fundido

De acordo com Peixoto et al. (2015) “Entre os fatores que influenciam na estrutura do ferro fundido, a velocidade de resfriamento e sua composição química são os que mais se destacam. Outros fatores influentes são a inoculação e o superaquecimento”.

No entanto neste trabalho serão apresentados os fatores mais preponderantes, a velocidade de resfriamento e a composição química.

2.2.2.1 Velocidade de resfriamento

Este fator relaciona a velocidade de resfriamento durante o processo de solidificação no interior de moldes. De acordo com Colpaert (2008, p. 552) “a velocidade de resfriamento é controlada, normalmente, pelas dimensões da peça e pelo material do molde”.

Em outras palavras, secções espessas significam velocidades de resfriamento relativamente lentas e secções finas, velocidades rápidas, o que significa também que ne peças de diferentes espessuras, ocorrem diversas velocidades de resfriamento (CHIAVERINI, 2012, p. 480).

Para elevadas velocidades, de acordo com Chiaverini (2012, p. 480) “não há muito tempo para decomposição da cementita, de modo que, dependendo dos teores de carbono e de silício, pouca ou nenhuma grafitação ocorre”. Ainda segundo Chiaverini (2012, p. 480) “com velocidades de resfriamento lentas, ocorre uma apreciável grafitação, dependendo sempre do teor de silício”.

Segundo Chiaverini (2012) a velocidade influencia em outros importantes fatores:

A velocidade de resfriamento não influi apenas na grafitação; outra ação importante é na forma, distribuição e tamanho dos veios de grafita. Velocidades altas produzem veios finos, com uma distribuição dendrítica, comumente indesejável. Velocidades medias resultam em distribuição e tamanhos normais, e velocidades muito lentas em uma distribuição de veios grosseiros de grafita.

2.2.2.2 Composição química

Como já citado anteriormente, o carbono e o silício são os elementos que mais influenciam na estrutura do ferro fundido. De acordo com Chiaverini (2012, p. 478) “O carbono determina a quantidade de grafita que se pode formar e o silício é essencialmente elemento gratificante, favorecendo a decomposição do carboneto de ferro”. Entretanto no ferro fundido comum, se encontra outros elementos presentes na sua composição, como o manganês, fósforo e o enxofre.

2.2.2.2.1 Manganês

De acordo com Colpaerte (2008, p. 556) “O manganês dificulta a decomposição da cementita. Seu principal papel nos ferros fundidos comuns é, porém, neutralizar a ação do enxofre”.

Quando adicionado em teores muito elevados poderia anular a ação do silício. Segundo Chiaverini (2012, p. 478) “O manganês, sempre presente, tem efeito oposto ao do silício, isto é, estabiliza a cementita e, assim, contabiliza, de certo modo, a ação gratificante do silício”.

2.2.2.2.2 Fósforo

Outros elementos, impurezas normais, fósforo e enxofre, não tem uma ação muito significativa sob o ponto de vista de tendência gratificante (CHIAVERINI, 2012, p. 478).

A principal função do fósforo é na estrutura do material. Segundo Colpaerte (2008, p. 557) “o fósforo, quando em teores normais a baixos é gratificante e não desempenha um papel preponderante; em teores elevados, contribui para a fragilidade e atua como estabilizador da cementita.

2.2.2.2.3 Enxofre

Segundo Colpaerte (2008, p. 557) “o enxofre tem importante papel na morfologia da grafita formada no ferro fundido. O ajuste dos teores de enxofre e manganês em ferros fundidos cinzentos é muito importante para a garantia das propriedades mecânicas desejadas”. Como já citado acima, o enxofre assim como o fósforo não exerce um papel tão preponderante.



2.2.2.2.4 Outros elementos

A tabela 3 demonstrada por Chiaverini (2012) mostra os efeitos sobre a estrutura de alguns elementos quando presentes no ferro fundido.

| Elemento | Efeitos durante a solidificação | Efeito durante a reação eutetóide |
|-------------------|---|--|
| Alumínio | Forte grafitizante | Promove a formação de ferrita e grafita. |
| Antimônio | Nas quantidades usadas, pequeno efeito | Forte estabilizador de perlita, |
| Cromo | Forte ação carbonetante. Forma carbonetos complexos | Forte tendência a formação de perlita |
| Cobre | Grafitizante fraco | Promove a formação de perlita |
| Titânio até 0,25% | Grafitizante | Promove a formação de grafita |
| Níquel | Grafitizante | Fraco promotor de perlita |

Tabela 3 - Efeitos estruturais de alguns elementos no ferro fundido
Fonte: Chiaverini (2012, p.502), adaptada

3. CONCLUSÃO

O ferro está intrinsecamente ligado à história e às necessidades humanas, com a descoberta de sua fundição sua aplicabilidade teve um aumento. O processo de fundição apresenta etapas essenciais e controladas para que o produto final atenda às necessidades para que fora projetado. O processo de fundição que fora estudado neste trabalho aborda os conceitos básicos na produção do ferro fundido. Além disso, a fundição é utilizada para dar forma aos fundidos, e para isso se utiliza de outros processos.

O ferro fundido apresenta classes que se distinguem nas suas propriedades, uma vez que são produzidos para atender diferentes utilidades, como por exemplo o ferro fundido cinzento, que dentre outras características apresenta uma boa usinabilidade, e é amplamente utilizado na produção de certos tipos de tubos e conexões.

Os diferentes tipos de ferros fundidos apresentam teores de ligas diferentes em sua composição, justamente para atender certa necessidade. Cada um desses elementos é utilizado com uma finalidade específica, seja dificultar a decomposição da cementita ou neutralizar outro elemento, entre outras finalidades.

Seja na composição ou na velocidade de resfriamento, cada etapa tem influência nas características do produto e deve ser devidamente controlada para se obter as características e o material que se almeja.

O ferro fundido que antes fora muito utilizado, hoje com a evolução dos materiais e uma ampla gama de outros materiais metálicos, foi deixado um pouco de lado. No entanto este trabalho elucida a importância e demonstra as características do ferro fundido, que deve ser estudado mais a fundo, pois como demonstrado, pequenas alterações no seu

processo de fabricação podem criar outras características no material. Como por exemplo, o ferro fundido vermicular, que a partir de um erro de sua composição química. Produziu-se uma microestrutura na forma de vermes, ao invés da forma esperada, originando assim uma nova classe deste material.

Referências

ABIFA. **Associação Brasileira de Fundição**. Disponível em: <<http://www.abifa.org.br/>>. Acesso em 19 de abr. 22.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. 7. ed. ampl. e rev. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2012.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4. ed. rev. tec. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2008.

GROOVER, P. Mikell. **Introdução aos processos de fabricação**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

PEIXOTO, F. de M. et al. Artigo 11594: Desenvolvimento de um Software para cálculo da densidade de nódulos de grafita em ferro fundido nodular através de Processamento Digital de Imagens. **Revista Matéria**, Maracanaú/CE, volume 20, nº 1, p. 262-272, 2015.

SOARES, G. de A. **Fundição: Mercado, Processos e Metalurgia**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, Abril de 2000.

TÂMEGA, Fábio. **Fundição de processos siderúrgicos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

YOKOJI, Akira. et al. **Introdução a siderurgia**. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.

CAPÍTULO 20

A IMPORTÂNCIA DA LUBRIFICAÇÃO EM UM MANCAL COMO FORMA DE REDUZIR FALHAS E DESGASTES EM ROLAMENTOS

*THE IMPORTANCE OF LUBRICATION IN A BEARING AS A WAY TO
REDUCE FAILURES AND WEAR IN BEARINGS*

Pietro Matheus Garrido dos Santos¹

¹ Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Este estudo objetivou compreender a importância da lubrificação em mancais de rolamento, bem como, descrever e classificar sobre a lubrificação em mancais para então poder encontrar as falhas nos rolamentos de um mancal. Para tanto, foi utilizado como método para coleta de informações a pesquisa bibliográfica, através de conteúdos como livros, artigos e sites sobre a lubrificação em mancais de rolamentos. A partir da análise de informações foi possível perceber a importância da lubrificação em contribuição para minimizar o atrito (desgaste) entre as superfícies do mancal. Em conclusão por meio de todo o estudo realizado, foi possível comprovar que a lubrificação em mancais contribui para uma melhoria insignificante sobre os desgastes e as falhas em rolamento.

Palavras-chave: Atrito, Minimizar, Contribui, Melhorar.

Abstract

This study aimed to understand the importance of lubrication in rolling bearings, as well as to describe and classify lubrication in bearings in order to find faults in the bearings of a bearing. For that, the bibliographic research was used as a method for collecting information, through contents such as books, articles and websites about lubrication in rolling bearings. From the analysis of information it was possible to perceive the importance of lubrication in contribution to minimize friction (wear) between the bearing surfaces. In conclusion, through all the study carried out, it was possible to prove that lubrication in bearings contributes to an insignificant improvement on wear and bearing failures.

Keywords: Friction, Minimize, Contribute, Improve.



1. INTRODUÇÃO

A lubrificação é uma técnica ou uma operação que consiste em uma substância na qual a formação de uma película que impede o contato direto entre duas superfícies, que se movam relativamente entre si. Com a finalidade de reduzir ao mínimo (ou até eliminar), o atrito e o desgaste entre as partes das superfícies de peças e componentes. De forma geral a importância da lubrificação em mancais de rolamento, busca controlar ou minimizar ao máximo possível das falhas e desgastes da superfície do mancal. Com isso o desgaste entre as superfícies será bastante reduzido. Desta forma tem um papel importantíssimo na manutenção, beneficiando uma melhora e protegendo os componentes de rolamentos e aumentando a vida útil dos equipamentos e máquinas. Diante dos desgastes contínuo em mancais, um fator que permanece em evidência é a importância da lubrificação em rolamentos. É onde o lubrificante que se apresenta entre as superfícies, como a melhor técnica ou processo de minimizar o atrito entre as peças rolantes. Buscou-se reunir informações com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: qual é a importância da lubrificação em contribuição para um mancal de rolamento?

O objetivo da lubrificação em mancais de rolamentos pode desenvolver de que forma o lubrificante tem contribuído para o mancal, como solução para melhorar a eficiência e minimizar o desgaste de um rolamento. Um dos passos a ser realizado para alcançar o objetivo geral da pesquisa é falar um pouco sobre a importância da lubrificação. Depois explicar sobre a lubrificação em rolamentos e os demais conceitos sobre o tema. O outro objetivo específico é classificar as falhas dos rolamentos. Onde levará analisar de que forma podem ajudar a reduzir as falhas nos mancais. Diante da dificuldade de solucionar problemas com desgaste contínuo em mancais de rolamentos, buscou-se aplicar as técnicas sobre a importância da lubrificação em mancais. Por tanto, as indústrias precisam se posicionar sobre a importância da lubrificação, procurando ter ciência do quanto é importante a sua manutenção para redução do atrito entre as superfícies de um mancal. Neste contexto, a proposta do trabalho científico visa apresentar conceito, definição sobre a lubrificação e suas falhas em mancais de rolamento. Para o desenvolvimento do presente trabalho, foram necessários à utilização de pesquisas com base em fontes bibliográficas e descritivas para ser capaz de descrever todo o processo da ideia central. A pesquisa gira em torno de 21 literaturas com base no tema. Devido ao problema de pesquisa, buscamos selecionar apenas as literaturas com destaque sobre a importância da lubrificação em mancais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Da mesma maneira que Marconi e Lakatos (2003), pode-se dizer que pesquisa é um procedimento para investigação de acontecimentos que tem como objetivo de adquirir novos conhecimentos. Neste contexto, fica claro que facilita aquisição de novas informações para a realidade. O mais preocupante, contudo, é constatar que a estruturação de pesquisa pode ser muito complicada. Para Marconi e Lakatos (2003, p. 160) "Estuda um

problema relativo ao conhecimento científico ou à sua aplicabilidade”. Devido aos fins para aumentar o conhecimento dessa pesquisa foi enquadrada na natureza da pesquisa básica. Assim como Gil (2008), pode-se dizer que a pesquisa exploratória tem como função de buscar por meio de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias. Neste contexto, fica claro que procura uma a proximidade da realidade da pesquisa estudada. O mais preocupante, contudo, é constatar que a pesquisa descritiva descreve uma realidade e tem como a finalidade de falar sobre aspectos de um público. A pesquisa foi desenvolvida e classificada como exploratória e descritiva. Dessa forma foi possível atingir o objetivo da pesquisa mais apropriado ao envolvimento investigativo e descritivo de forma mais eficiente. Essa pesquisa tem base em fontes bibliográficas e descritivas para ser capaz de descrever todo o processo da ideia central.

Conforme verificado por Gil (2008), a análise de dados qualitativos envolve conhecer e entender um panorama como base de informações do pesquisador. Trata-se obviamente de uma pesquisa aceitável, seria um erro, porém, atribuir todo os dados para reconhecer as relações e diferenças da pesquisa explorada. Conforme citado acima, a pesquisa foi utilizada a abordagem qualitativa que exige um estudo amplo do objeto de pesquisa. O método de análise foi o hipotético-dedutivo que possuem certa viabilidade, para responder a uma hipótese de problema. Pode-se dizer que o levantamento bibliográfico é a pesquisa de toda a bibliografia registrada na literatura. Neste contexto, para Marconi e Lakatos (2003) fica claro que por meio dele comprova o conhecimento sobre as fontes de busca para a pesquisa. Essa pesquisa tem como sistema de trazer coletas de dados e informações, de matérias já elaborados como livros, artigos, sites, relatórios técnicos, periódicos e outras fontes. A pesquisa utilizada será a literatura como base de um novo conhecimento. Como ferramenta para coleta de dados e informações utilizou-se resumos de fichamentos. Como base em livros, artigos, sites e outras fontes de pesquisas com maior relevância sobre o assunto do tema apresentado. Afim de ser mais razoável conceito sobre o conteúdo apresentado.

Os principais tipos de documentos são:

- a) Fontes Primárias - dados históricos, bibliográficos e estatísticos; informações, pesquisas e material cartográfico; arquivos oficiais e particulares; registros em geral; documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência pública ou privada etc.
- b) Fontes Secundárias - imprensa em geral e obras literárias.(Marconi & Lakatos, 2003, p. 159).

Para realização desta pesquisa utilizou-se as fontes secundários, como base em dados que já foram elaborados, pois já foram objeto de estudo e análise. Assim classifica essa pesquisa em dados secundários. De início, foi realizado pesquisas em livros, artigos e sites sobre a importância da lubrificação em mancais de rolamento. Ficando assim definido o que seria abordado, quais os mancais de rolamentos, a importância da lubrificação, as principais falhas que ocorreram sobre a falta de lubrificação em rolamentos. Para a conclusão deste trabalho, as informações de maneira sensata foram obtidas através da literatura relacionada ao tema de estudo como, Scielo (Scientific Eletronic Library OnLine), Google Livros, Biblioteca e sites. Em quanto à amostra, os livros, artigos e sites pesquisados sobre o tema foram selecionados a partir da transformação da curiosidade de saber sobre as informações, totalizando 21 literaturas. Foram incluídas apenas as publicações

que tiveram uma maior relevância para o estudo, publicadas no período de 2005 a 2022. O idioma listrado foi o Português, e todos os tipos de concepções metodológicas foram aceitos. A pesquisa possui um grau de confiabilidade baseado na autoridade e relevância dos autores escolhidos. O critério utilizado para a primeira seleção dos artigos foi buscar apresentação dos resultados tem-se como livros e artigos de literatura sobre a importância da lubrificação em mancais de rolamento considerados importantíssimos para o tema. É importante ressaltar os autores citados onde foi possível através do mesmo realizar um bom embasamento e possibilitar ainda mais o estudo.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Lubrificação em Mancal

A principal fonte de desgaste em mancais é o atrito. Para reduzir o atrito necessita de uma boa lubrificação de mancais, é fundamental para o melhor funcionamento e durabilidade da peça, além de evitar superaquecimento e reduz as vibrações que causam danos nos equipamentos.

2.2.2 Visão Sobre a Importância da Lubrificação em Mancais

Como bem assegura Richard G. Budynas e J.Nisbeth Keith (2016), pode-se dizer que é um sistema de lubrificação entre peças em constate fricção. Neste contexto, fica claro que a importância da lubrificação tem um papel fundamental nas máquinas. O mais preocupante, contudo, é constatar que tem a finalidade de reduzir o máximo possível de desgaste, aquecimento e atrito entre as peças em movimento. Não é exagero afirmar que o lubrificante é uma substancia quando é introduzido sobre as peças se movem entre as superfícies de forma que os equipamentos tenham um bom rendimento, em todo esse processo.

O objetivo da lubrificação é reduzir o atrito, o desgaste e aquecimento de partes de máquinas que se movem em relação umas às outras. Um lubrificante é qualquer substancia que, quando inserida entre superfícies que se movam, alcança esses propósitos. Em um mancal de deslizamento, um eixo, ou munhão, roda ou oscila dentro da manga, ou bucha, e o movimento relativo é de deslizamento. (BUDYNAS; KEITH, 2016, p. 600).

O autor deixa claro que a lubrificação pode trazer informações e identificar falhas, mas há um fato que se coloca a resolver problemas com desgaste e fadiga entre as peças em movimento. Conforme citado acima, não parece existir motivo para que os equipamentos em constante atrito não se desgastem tanto. É sinal de que há, em conclusão, uma necessidade de lubrificantes que sejam injetados nas peças dando mais rendimento e prolongando a duração dos mancais.

O conceito de lubrificação baseia-se no princípio da inserção de um elemento lubrificante intermediário entre as peças cujo atrito se deseja minimizar, formando uma película

entre elas. Essa teoria é evidenciada pelo mecânico de manutenção na prática quando um conjunto mecânico apresenta falhas no sistema de lubrificação e são encontradas peças com sérios danos causados por superaquecimento decorrente do atrito entre as peças mal lubrificadas (SAMUEL, 2018, p. 252).

Ora, em tese, mesmos os autores citados acima, percebesse que estão associados com o mesmo conhecimento com diferença de 2 anos de publicação. Conforme citado acima, teríamos que retroceder nas análises e informações sobre o sistema de lubrificação. Não se trata apenas de resolver o desgaste da peça, e sim, buscar informações que agregam o bom funcionamento do mancal. (SAMUEL, 2018). É interessante, aliás, recordar sobre a dificuldade para resolver problemas em mancais com falhas prematuras dos rolamentos, mas há um fato que se sobrepõe, por exemplo, o sistema de lubrificação, quando é bem executado pode economizar mão de obra e garantir as peças um bom rendimento. Mesmo assim, não parece haver razão para que as empresas não aplicam o sistema de lubrificantes nos mancais. É indício de que há, enfim, um obstáculo no uso do sistema de lubrificação como forma de melhorar o desempenho e amenizar o desgaste entre as peças do mancal.

A introdução de um lubrificante na interface onde se dá o deslizamento tem vários efeitos benéficos sobre o coeficiente de atrito. Os lubrificantes podem ser líquidos ou sólidos, mas ambos devem partilhar das propriedades de baixa resistência ao cisalhamento e alta resistência à compressão. (NORTON, 2013, p. 426).

Conforme explicado acima o que importa, portanto, é encontrar e solucionar as falhas inesperadas e desgastes do rolamento em mancais. Essa, porém, é uma tarefa que mostra a dificuldade de resolver essas falhas. Vê-se, pois, que a lubrificação em mancais de rolamento é essencial para indústrias. O autor deixa claro que um sistema de lubrificante planejado em mancal é de suma importância para um bom rendimento na hora de fazer a manutenção. Infelizmente, essa prática não é muito vista nas indústrias. Por final, pode ser uma ótima alternativa para solucionar e trazer novas informações sobre a redução de atrito em rolamento com desgastes e falhas repentinas.

2.2.3 Lubrificação Industrial

Pode-se dizer que é um elemento de lubrificação sujeito a interagir com as peças em constante movimento uma com a outra. Neste contexto, fica claro que a lubrificação tem a finalidade de minimizar a fadiga e o desgaste dos mancais de rolamento. Para Samuel (2018) o mais preocupante, contudo, é constatar que sem um planejamento de sistemas de lubrificantes em mancais, fica mais difícil de encontrar as falhas e desgastes por falta de lubrificantes ou até mesmo excesso de lubrificantes nos rolamentos. Conforme verificado por Norton (2013), o lubrificante é uma substância de fácil acesso entre superfícies com movimento relativo das peças rolantes. Trata-se inegavelmente de um planejamento de lubrificação correto para os mancais, seria um erro, porém, não atribuir um gerenciamento de lubrificantes nos mancais de rolamento. Assim, reveste-se de particular importância sobre o sistema de lubrificantes em virtude dos equipamentos que necessitam de lubrificação evitando o desperdício das substâncias. Como explicado acima, a melhor maneira de compreender esse processo é considerar que a lubrificação planejada é im-

portante para os equipamentos em constante atrito. Não se trata apenas de lubrificar os mancais de rolamento, seja porque a importância de resolver as falhas trará novas informações para serem estudadas e adaptada nas indústrias. É notável trazer à tona aplicação do sistema de lubrificação planejada para indústrias.

A lubrificação, hoje, é tratada como um sistema, e este sistema pode determinar o sucesso ou o fracasso de uma boa transmissão. Portanto, a lubrificação não pode mais ser tratada como uma coadjuvante no projeto. As variáveis derivadas da lubrificação refletem sensivelmente nos resultados da vida útil do par e dos coeficientes de segurança à pressão (MAZZO, 2013, p. 459).

Por fim, é possível chegar à conclusão de que a importância do sistema de lubrificação em mancais vem sendo mais aplicada. Logo, é indiscutível que a falta de conhecimentos sobre lubrificantes gera mais falhas e desgastes nos equipamentos. Nesse sentido, é possível ter o sistema de lubrificação como uma aliada para desenvolver novas formas de reduzir e trazer informações que agregam para o estudo da lubrificação.

2.2.4 Mancais de Rolamento

Como caracteriza Frank Lamb (2015, p. 154) “Os rolamentos permitem o contato deslizante ou rotacional entre duas ou mais partes”. É interessante ressaltar que o mancal é um elemento de máquina que desempenha uma função de apoio fixo para os eixos girantes, mas, em cima disso, tem a função de suportar e apoiar cargas elevadas em constante atrito (desgaste), devido ao contato do eixo com o mancal. É relevante considerar que, devido sua capacidade para obter eficiência na transmissão de potência em sistemas mecânicos e tem um comportamento fundamental para os equipamentos mecânicos.

2.2.4.1 Tipos de Mancais de Elementos Rolantes

Conforme Robert Bosch (2005, p. 371) “Nestes mancais, as forças são transferidas por elementos de rolamento (esferas ou rolos). O rolamento é uma forma de movimento que compreende rolamento e deslizamento. Um microdeslizamento quase sempre ocorre além do simples movimento de rolamento”. De forma que fica evidente os mancais de elementos rotativos são classificados em mancais de esferas e mancais de rolos, pode-se dizer que para aplicações de pequenas e de alta velocidade são adequados os mancais de esferas. Já para sistemas que exige uma carga maior é utilizado os mancais de rolo.

2.2.4.2 Mancais de Esferas

Os mancais de esferas são formados por diversas esferas em conjunto, e pode suportar cargas radiais e axiais, além de altas velocidades. São nulos os movimentos de flexão ou desalinhamento do eixo por serem rígidos. (NORTON, 2013, p. 654).

2.2.4.3 Mancais de Rolos

De acordo com Norton (2013, p. 655), “Os mancais de rolos usam rolos retos, cônicos ou abaulados que correm entre pistas. Em geral, os mancais de rolos podem suportar cargas estáticas e dinâmicas (choque) maiores que os mancais de esferas por causa da linha de contato deles e são mais baratos para tamanhos maiores e cargas maiores.”

Os mancais de rolos cilíndricos reto são projetados para permite que os eixos trabalhem em alta velocidade e suportam elevadas cargas de impacto na direção radial. Já os mancais de rolos cônicos são projetados para suportar altas cargas de impacto radiais e axiais simultâneos. São utilizados constantemente como mancais de rodas em automóveis.

2.2.5 As Principais Falhas em Mancais

As falhas em mancais de rolamentos são as principais causas para os baixos índices de produtividade e disponibilidade em algumas indústrias.

Para todas as aplicações em todas as indústrias, estima-se que 90% dos rolamentos sobrevivam às máquinas em que estão instalados, 9,5% são substituídos durante a manutenção planejada e 0,5% falham. Dos rolamentos deteriorados, 36% falham devido à lubrificação inadequada e 14% devido à contaminação líquida ou sólida (BLOXHAM, 2013).

As possíveis falhas causadas em rolamentos mais comuns são por: lubrificação inadequada, contaminação por impurezas e montagem incorreta.

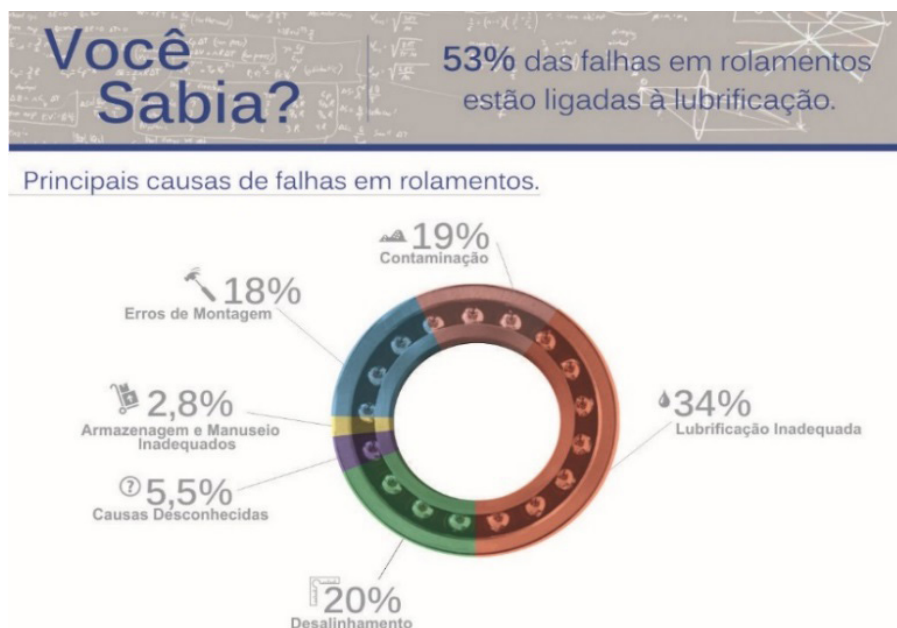


Figura 1 – Principais causas de falhas em rolamentos
Fonte: (Engeteles, 2017)

A figura acima mostra as principais falhas em rolamentos, segundo a fonte Engeteles são 53% das principais causas de falhas estão relacionadas à lubrificação.

2.2.5.1 Lubrificação inapropriada

A grande maioria das falhas ao rolamento mais comuns é a lubrificação inadequada pode-se dizer que a falta de lubrificação ou o uso de lubrificantes inadequados normalmente irão causar um superaquecimento ou um enorme desgaste do rolamento. Abecom (2020) deixa claro “para que sua operação seja confiável, a lubrificação do rolamento deve ser adequada. Em outras palavras, o lubrificante deve separar os elementos rolantes, gaiola e pistas em ambas as regiões de contato, de rolagem e deslizamento”.

2.2.5.2 Contaminação

A contaminação por impureza é de suma importância proteger os rolamentos e seus lubrificantes contra a contaminação por materiais como água, areia e poeira. A contaminação apresenta efeitos prejudiciais para os rolamentos, diminuem a eficiência das peças e aumentam o atrito (desgaste). Em contrapartida é recomendada uma blindagem dos componentes, uso de sistemas de filtragem e outros recursos de proteção.

Partículas estranhas são outra fonte comum de falhas nos rolamentos. Até mesmo quantidades pequenas de partículas estranhas como poeira, sujeira, contaminantes, podem interromper a película de óleo, resultando em dano à superfície do rolamento e reduzir a vida útil de operação. A água é particularmente prejudicial para o lubrificante. Tão pouco quanto 1 por cento de água na graxa ou óleo pode ter um impacto significativo na vida útil do rolamento (KNIGHT *et al.*, 2018).

2.2.5.3 Montagem Incorreta

A montagem é feita por pressão ou expansão térmica e quando realizada incorretamente, também pode causar fadiga prematura ou falha em rolamentos. Na montagem é interessante utilizar ferramentas corretas e adequadas para instalação correta do rolamento.

Os técnicos devem ter certeza de empregar métodos adequados e ferramentas ao manusear e instalar os rolamentos. Os rolamentos são componentes altamente projetados e até mesmo a uma pequena superfície amassada ou entalhes podem prejudicar o desempenho e a confiabilidade. Até que os rolamentos estejam prontos para instalação, mantenha-os armazenados na embalagem original que contém proteção anticorrosiva. (KNIGHT *et al.*, 2018)

3. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente artigo possibilitou uma análise de como a lubrificação é importante para minimizar as falhas e os atritos entre as superfícies da peça de

um mancal de rolamento. De um modo geral, as dificuldades e desafios que as indústrias passam por falhas e desgastes contínuo de um rolamento, tem como objetivo principal da lubrificação em mancais de rolamentos garantir o seu bom funcionamento, e fazer com que seu modo de estado de rendimento seja o mais próximo possível do original. Com esse trabalho, foi possível saber que os lubrificantes nos rolamentos são de suma importância para um bom funcionamento adequado e correto, e fazer que seus componentes tenham uma vida útil mais longa em uma indústria.

Pode-se concluir, que a lubrificação em mancal, tem um papel fundamental para a contribuição de forma que, o rolamento tenha um o mínimo possível de desgaste na superfície de um mancal, também se mostra a importância e relevância de uma correta lubrificação em rolamento que resulta numa redução de paradas inesperadas nas indústrias.

Referências

- Abecom. (2020). *Abecom Rolamentos e Produtos de Borracha LTDA*. Acesso em 27 de 04 de 2022, disponível em <https://www.abecom.com.br/falhas-de-um-rolamento/>
- Bloxham, I. (Abril de 2013). Contaminação, corrosão e lubrificação inadequada. *SKF Global Pulp & Paper*, III, 2.
- Bosch, R. (2005). *Manual de tecnologia automotiva*. São Paulo: Blucher.
- Budynas, R. G., & Keith, J. (2016). *Elementos de Máquinas de Shigley - 10ª Edição*. Santana: McGraw Hill Brasil.
- Cravo, E. (2022). *Kalatec Automação*. Acesso em 01 de 05 de 2022, disponível em Grupo Kalatec: <https://blog.kalatec.com.br/falhas-em-rolamentos/>
- Gil, A. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (6º ed.). São Paulo: Atlas S.A.
- Knight, I., Olsson, A. E., Messer, A., & Grunderbeeck, T. (Outubro de 2018). Danos no Rolamento: Como Evitar as Causas Comuns de Falhas no Rolamento. *BEARING NEWS All*.
- Lamb, F. (2015). *Automação Industrial na Prática - Série Tekne*. Porto Alegre: AMGH Editora.
- Marconi, M., & Lakatos, E. (2003). *Fundamentos de Metodologia Científica* (5º ed.). São Paulo: ATLAS S.A.
- Mazzo, N. (2013). *Engrenagens cilíndricas*. São Paulo: Blucher.
- Norton, R. L. (2013). *Projeto de Máquinas - 4ed*. Porto Alegre: Bookman Editora.
- NORTON, R. L. (2013). *Projeto de Máquinas - 4ed*. Porto Alegre: Bookman Editora.
- NSK Brasil. (Junho de 2013). Rolamentos. *NSK Brasil Ltda*, A 102.
- Rolport Rolamentos . (s.d.). *Rolport Rolamentos Importação e Comércio LTDA*. Acesso em 01 de 05 de 2022, disponível em Rolport Rolamentos: <https://www.rolport.com.br/faq/como-identificar-falhas-em-rolamentos>
- Samuel, P. D. (2018). *Manutenção Mecânica Industrial – Conceitos Básicos e Tecnologia Aplicada*. Tatuapé: Saraiva Educação S.A.
- Teles, J. (2016). *Engeteles*. Acesso em 28 de 04 de 2022, disponível em <https://engeteles.com.br/falhas-em-rolamentos/#:~:text=34%25%20das%20falhas%20em%20rolamentos,e%20intervalos%20de%20relubrific%C3%A7%C3%A3o%20certo>.

CAPÍTULO 21

GESTÃO DA LUBRIFICAÇÃO COMO FERRAMENTA DA MANUTENÇÃO

LUBRICATION MANAGEMENT AS A MAINTENANCE TOOL

Igor Assilon Melo Gomes¹

Joaquim Cantanhede de Castro¹

Robert William Nogueira dos Santos¹

William Pereira Sarges¹

Antônio Merval Machado Tavares²

Paola Silva³

1 Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professor, Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

3 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente artigo faz um estudo sobre a Gestão da Lubrificação como ferramenta da manutenção, com a finalidade de trazer luz a um tema pouco evidenciado. O artigo foi feito seguindo a metodologia de revisão bibliográfica de grandes autores e empresas petroleiras ligadas ao assunto, visando explicar as principais características dos lubrificantes, a importância da lubrificação para a manutenção, os problemas nos lubrificantes decorrentes de uma lubrificação inadequada, e as principais vantagens que uma gestão da lubrificação adequada traz para a manutenção como um todo. O trabalho mostra como uma boa gestão da lubrificação, aliada de treinamento e capacitação dos operadores e equipe de manutenção sobre a correta lubrificação dos equipamentos, acompanhados de técnicas da manutenção detectiva, como análise de óleo usado, tendem a representar ganhos de produtividade com a diminuição de tempo de equipamento parado, problemas ocasionados pela aplicação inadequada dos lubrificantes, redução de custos com trocas e reposição de peças danificadas por uma gestão inadequada da lubrificação destes equipamentos.

Palavras-chave: Lubrificantes. Treinamento. Detectiva. Produtividade. Custos.

Abstract

This article makes a study on Lubrication Management as a maintenance tool, in order to shed light on a little-evidenced topic. The article was made following the methodology of bibliographic review of great authors and oil companies related to the subject, aiming to explain the main characteristics of lubricants, the importance of lubrication for maintenance, problems in lubricants resulting from inadequate lubrication, and the main advantages that proper lubrication management brings to maintenance as a whole. The work shows how good lubrication management, combined with training and qualification of operators and maintenance staff on the correct lubrication of equipment, accompanied by detective maintenance techniques, such as analysis of used oil, tend to represent productivity gains with the decrease in downtime, problems caused by improper application of lubricants, cost reduction with exchanges and replacement of damaged parts due to inadequate management of the lubrication of these equipments.

Keywords: Lubricants. Training. Detective. Productivity. costs



1. INTRODUÇÃO

A lubrificação é uma parte da Ciência Tribológica que estuda o processo de redução de atrito entre dois corpos por meio da criação de uma película intersticial entre suas superfícies. A utilização de lubrificantes com tal finalidade remonta ao antigo Egito, onde água era derramada ao chão afim de reduzir o atrito sólido de deslizamento entre estatuas de pedra durante seu deslocamento dentro dos templos.

Como os princípios, conceitos e definições sobre Lubrificação, assim como suas origens e exemplificar sua importância como parte fundamental para a manutenção pode ser uma importante aliada no aumento da eficiência e qualidade na manutenibilidade dos principais processos produtivos industriais?

Devido à lubrificação possuir um papel de extrema importância dentro da manutenção, o objetivo deste artigo é proporcionar um despertar de conhecimentos que servirá como um manual introdutório sobre os lubrificantes e sua importância na manutenibilidade de equipamentos ou maquinários que utilizem lubrificantes em seu funcionamento, assim como especificar princípios básicos e vantagens da gestão da lubrificação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Este artigo foi desenvolvido tomando como base bibliografias de autores renomados no assunto, como Belmiro, Carreteiro, Bloch, Medeiros escritos nos últimos 25 anos e manuais técnicos de grandes empresas do setor petrolífero e de lubrificantes, como Mobil, Petronas e SKF Group escritos nos últimos 10 anos, através de um estudo teórico desenvolvido ao longo de 12 meses, sendo 6 meses de captação de bibliografias e trabalhos acadêmicos relacionados no assunto, 2 meses na elaboração do TCC 1 que serviu de base para este Artigo e mais 4 meses pesquisa e adaptação do trabalho para o modelo de artigo científico. O presente artigo utiliza de tabelas e imagens para exemplificar e explicar o que é falado ao longo do seu desenvolvimento.

2.2 Resultados e Discussão

2.2.1 Lubrificantes

O lubrificante pode ser definido pela inserção de um elemento lubrificante intermediário entre as superfícies em contato das peças de um conjunto mecânico em que se deseja diminuir o atrito, seja ele estático ou dinâmico (ALMEIDA; PAULO, 2017).

Conforme diz Almeida (2012, p 52), “O petróleo, principal fonte de matéria-prima para a maioria dos lubrificantes líquidos (óleos) ou pastosos (graxas), é constituído basicamente de carbono e hidrogênio sob a forma de hidrocarbonetos”. A tabela I mostra a composição química do petróleo.

Tabela I – Composição Química do Petróleo

| | |
|----------|---------------------|
| Petróleo | 82% de Carbono |
| | 12% de Hidrogênio |
| | 4% de Nitrogênio |
| | 1% de Oxigênio |
| | 1% de Sais e metais |

Fonte: Adaptação Almeida 2012

Os lubrificantes derivados do petróleo são obtidos através de um processo definido como destilação fracionada. A partir da obtenção dos óleos básicos, tem-se a matéria-prima básica da concepção da grande maioria dos lubrificantes.

2.2.2 Bases lubrificantes de origem mineral e sintética

Bases minerais são bases lubrificantes obtidas pelo refino do petróleo cru a partir do qual se processa os óleos básicos, obtendo-se assim a matéria-prima inicial para o processamento industrial, Paulo (2012). Os óleos básicos minerais são divididos em dois tipos: óleos básicos naftalénicos, constituídos a partir do petróleo asfáltico praticamente sem parafina, utilizado em óleos para transformadores, fluidos de corte, graxas lubrificantes, óleos de compressores e amortecedores; e óleos básicos parafínicos, produzidos a partir do petróleo de resíduo ceroso, possuindo melhores condições de viscosidade e variação de temperatura.

São tidas como referências no controle e normalização dos óleos básicos a *American Petroleum Institute* – Instituto Americano do Petróleo (API):

- Grupo I
- Grupo II
- Grupo III
- Grupo IV: Polialfaletinas (PAO);
- Grupo V: Ésteres, poliglicóis etc;
- Grupo VI: Polinternalolefina (PIOs).

Cada Grupo de óleo básico serve para a composição de um ou mais tipos de lubrificantes, existindo diferenças de aplicabilidade de acordo com a composição química.

A partir das novas necessidades e requisitos dos equipamentos industriais, os óleos minerais não possuíam todas as características necessárias para o nível de desempenho exigido. Para Paulo (2012), a partir da necessidade de desenvolver novos conceitos na tecnologia de lubrificantes, foram criados os óleos sintéticos, com a finalidade de atender necessidades como variações extremas de temperatura maior durabilidade, maiores resistências a grandes pressões e mais robustos.

2.2.3 Características e adituações dos lubrificantes

Para Almeida (2012), o estudo dos lubrificantes criou a necessidade de analisar propriedades comuns aos lubrificantes de acordo com seu estado físico, temperatura de trabalho e os aditivos em sua composição: densidade, viscosidade, índice de viscosidade, ponto de fulgor, pontos de fluidez e névoa, água por destilação, água e sedimentos, demulsibilidade, diluição, cor, cinzas oxidadas e sulfatadas, corrosão em lâmina de cobre, consistência de graxas e lubrificantes e ponto de gota.

Os aditivos de lubrificantes podem ser divididos em dois grupos: os que modificam características físicas (índice de viscosidade, abaixadores do ponto de fluidez e antiespumantes), e os que alteram a química do produto (antioxidantes, detergentes/dispersantes, antiferrugem, anticorrosivos, antidesgastantes).

Cada lubrificante possui um pacote de ativos que é pensado para se obter o melhor desempenho possível nas suas aplicações, ganhando assim maior vida útil e qualidade.

2.2.4 Principais tipos de viscosidade

A Figura 1 mostra o comparativo entre os principais tipos de viscosidade padronizadas. Cada tipo de viscosidade apresenta indicadores distintos que variam, principalmente, de acordo com a temperatura na qual os testes são submetidos.

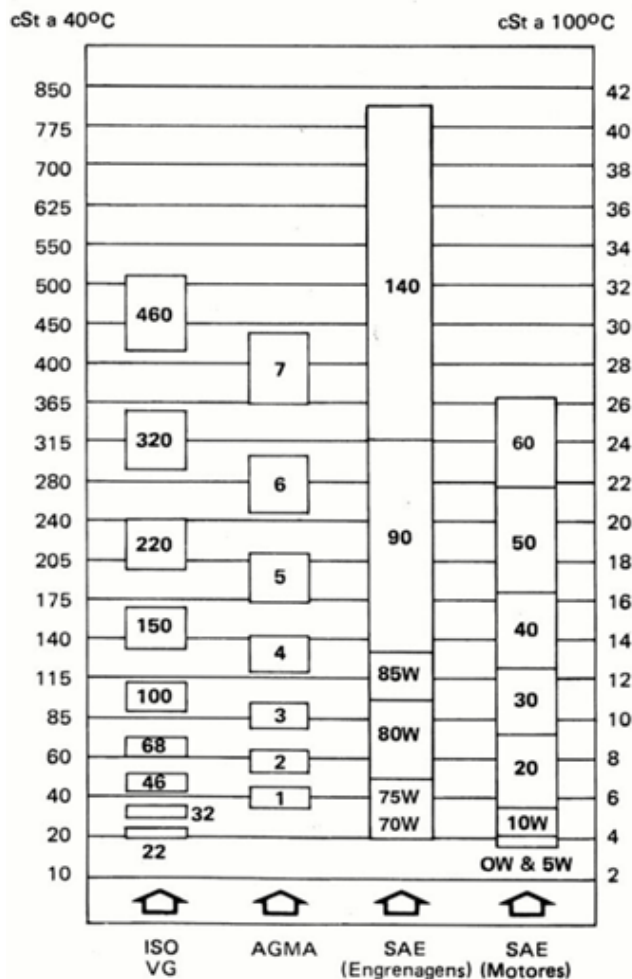


Figura 1 - Grau Comparativo de Viscosidades
 Fonte: MOBIL; LUBRIFICAÇÃO, (p. 46, s.d.)

No caso da viscosidade ISO, por exemplo, as análises são feitas a uma temperatura de 40 °C, e tem sua utilização mais comum nas indústrias, como óleos hidráulicos e óleos específicos para redutores de alta e baixa carga.

2.2.5 Lubrificação a óleo ou a graxa

Possuem diferentes características e são aplicados com finalidade diferentes, às vezes em um mesmo equipamento, contudo, em elementos distintos. As graxas possuem aplicações mais pontuais onde é necessário que haja maior aderência ao ponto aplicação, servindo além de lubrificante, como vedação para entrada de poeira e particulados na superfície lubrificada. A figura 2 mostra as diferenças entre os óleos e as graxas.



Figura 2 – Características Óleo e Graxa
Fonte: PRÓPRIO AUTOR

Os óleos lubrificantes possuem aplicações mais amplas, geralmente ficando dentro dos equipamentos, lubrificando todo um conjunto de elementos de máquinas e também realizando trocas térmicas mais eficientes com os equipamentos.

2.2.6 A importância da manutenção e da lubrificação

Segundo (Almeida, 2012, p. 137), “para a execução de operações de lubrificação, o profissional deve conhecer detalhes sobre as características construtivas de cada máquina ou elementos que a compõem”. Na indústria existem um número muito grande de equipamentos, e cada um deles demanda um processo diferente de lubrificação. No processo de concepção de um equipamento, os fabricantes traçam um plano de lubrificação, incluindo quais tipos de lubrificantes cada componente exige.

Segundo SKF, forçar em práticas de manutenção e lubrificação, através de equipamentos e treinamentos corretos, ajudam a aumentar a confiabilidade do equipamento, colabora na redução de custos operacionais e também impacta positivamente na segurança do operador. A figura 3 mostra uma imagem de uma pirâmide invertida, onde a lubrificação e o treinamento dos operadores são os pilares de uma operação total de um equipamento.



Figura 3 – A importância da Lubrificação

Fonte: SKF; Produtos SKF PARA MANUTENÇÃO E LUBRIFICAÇÃO; (p. 4, 2019)

Os lubrificantes estão diretamente ligados a fatores que vão muito além da redução do atrito. A aplicação dos lubrificantes gera impacto em cadeia em todo o processo operacional das máquinas, colaborando, inclusive, com a redução de ruído e consumo de energia, e aumento da segurança de operação dos equipamentos.

2.2.7 Análise do óleo lubrificante usado

Os estudos das análises laboratoriais permitem a identificação de possíveis falhas dos equipamentos. São determinados números limites para cada elemento detectado na análise. Uma vez estes valores não atingidos ou excedidos, não se torna possível determinar se a máquina apresenta risco eminente de falha, somente que foi detectado um risco em potencial que pode inferir no desempenho e durabilidade da máquina (BOOSER, 1993; THWEATT; BELL, 2006).

Com relação a aparência degradada do componente móvel da máquina na qual sofreu a falha, o lubrificante possui características e evidências do período que antecedeu a falha até ela de fato ocorrer. Em alguns casos, no fundo dos cárteres ou reservatórios de óleo, os resíduos ficam acumulados, possibilitando a elaboração de um histórico da operação do maquinário desde a última troca de óleo. As partículas acumuladas no fundo dos reservatórios são partes que podem auxiliar a equipe de manutenção a determinar as

possíveis causas do problema.

Além desta análise mais visual, os lubrificantes podem ser submetidos a outros tipos de análises laboratoriais que podem fornecer informações acerca do funcionamento do equipamento, análise de contaminantes e ser utilizado como ferramenta de detecção preditiva, como: análise ferrográfica, análise de aditivos, análise de contaminação, análise de viscosidade, análise de partículas, análise de acidez do óleo e análise de presença de água.

Uma análise de óleo lubrificante usado eficaz possibilita a programação de intervenções e manutenções, diminui custos com manutenção e estoque, antecipa risco de falha, evita paradas por quebras, aumenta a disponibilidade do maquinário.

2.2.8 Problemas no lubrificante

No processo de utilização do lubrificante, ocorrem situações ligadas a degradação que podem vir a se tornar problemas para o seu bom funcionamento. De acordo com BARRET (2007), os problemas mais comuns são:

- Contaminação: partículas oriundas de fontes externas (entrada de água ou poeira, por exemplo) ou internas (como limalhas de ferro e borra).
- Degradação: causada pela oxidação que ocorre quando as moléculas de oxigênio se combinam com os hidrocarbonetos.
- Depleção de Aditivos: os aditivos são consumidos no processo de funcionamento ou modificados quimicamente enquanto realizam sua função.

Estes problemas podem ser detectados através das análises do óleo usado, onde através de indicadores pré-determinados, pode-se chegar a conclusões como o nível de aditivos ainda presentes nos lubrificantes e quais os contaminantes presentes nas amostras.

2.2.9 Lubrificação Inadequada

Para Moubray (1997), falha é “a interrupção ou alteração na capacidade de um item desempenhar sua função requerida”. Com a evolução das indústrias e a consequente necessidade e se aprimorar a eficiência de todos os processos de fabricação, estudos técnicos e desenvolvimentos de novos produtos favorecem a diminuição das falhas. A Figura 4 mostra quais as principais causas de falhas em rolamentos como exemplificação.

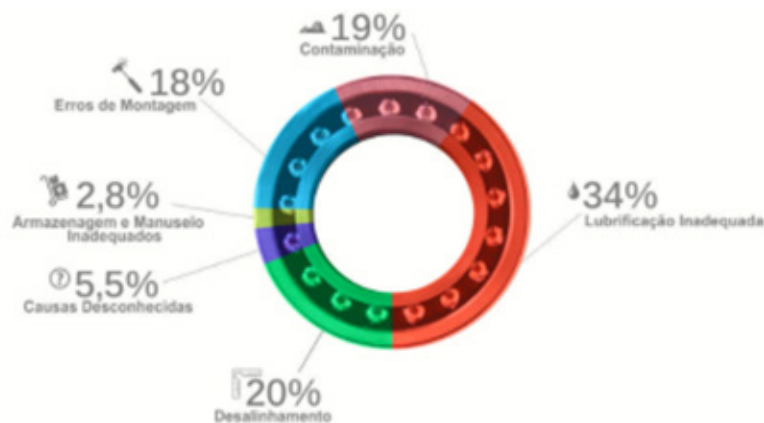


Figura 4 – Principais causas de falhas em rolamentos

Fonte: (Engeteles, 2017)

As principais falhas encontradas nos planos de lubrificação são:

- Aplicação de Lubrificante incorreto;
- Quantidade inadequada de lubrificante;
- Periodicidade de lubrificação incorreta;
- Pontos de lubrificação incorretos;
- Falta de procedimentos técnicos básicos de lubrificação.

Para a SKF, quando o fator contaminação destes lubrificantes é levado em consideração, essa porcentagem sobe para mais de 50% das causas de falhas em rolamentos. Essas contaminações também podem ocorrer de antes, durante ou no momento das trocas de óleo nas máquinas, sendo também resultado de uma manipulação inadequada dos lubrificantes.

Conforme Xenos (1998), as falhas nos equipamentos dificilmente possuem uma única causa determinante. As causas mais comuns são: lubrificação inadequada, operação incorreta do equipamento, sujeira ou contaminantes, e folgas de partes móveis.

2.2.10 Plano De Lubrificação

Segundo Almeida (2012), “O plano de lubrificação tem como finalidade registrar todas as máquinas que devem ser lubrificadas para controle na administração da manutenção preventiva com as devidas identificações”. O plano de lubrificação permite o controle e planejamento de quais máquinas e equipamentos necessitam ser lubrificados, assim como o intervalo, como mostrado na figura 5.

| (Nome da Empresa) | | | | | |
|---|--------|-----------------|---|--|-----------------------|
| Plano de Lubrificação | | | | | |
| Máquina: | Marca: | Modelo: | Ano de fabricação: | Sector: | Aprovação: |
| Torno mecânico | Romi | Centur 30 | 2009 | Usinagem | Gerente de manutenção |
| Partes a serem lubrificadas | | Frequência | Especificação do lubrificante | Observações | |
| Cabecote fixo (engrenagens de mudança do RPM) | | A cada 12 meses | Óleo Lubrificante (Shell Omala S2G® ou Shell Omala S4GX®) | Verificar o nível no visor | |
| Guias lineares do barramento | | Diariamente | Óleo lubrificante (Shell Tonna S2M®) | Aplicar uma película com trincha após a limpeza da máquina | |
| Avental do Carro principal | | A cada 18 meses | Óleo Lubrificante (Shell Omala S2G ou Shell Omala S4GX) | Verificar o nível no visor | |
| Caixa Norton | | A cada 18 meses | Óleo Lubrificante (Shell Omala S2G ou Shell Omala S4GX) | Verificar o nível no visor | |
| Guias lineares do carro transversal | | Diariamente | Óleo lubrificante (Shell Tonna S2M) | Aplicar uma película com trincha após a limpeza da máquina | |
| Guias lineares do carro superior | | Diariamente | Óleo lubrificante (Shell Tonna S2M) | Aplicar uma película com trincha após a limpeza da máquina | |

Figura 5 – Plano de Lubrificação Torno Mecânico

Fonte: Almeida, (2012, p. 34)

Um plano de lubrificação assertivo necessita da participação dos operadores das máquinas, da equipe de manutenção, cultura de manutenção preventiva e preditiva integrada ao processo como um todo (ALMEIDA; PAULO, 2012, P 34).

Um processo integrado, onde todo o conjunto operacional dos equipamentos, incluindo os operadores e as equipes de manutenção, faz com que a gestão da lubrificação seja utilizada como uma ferramenta de crucial da manutenção, deste que implementada de maneira preventiva, colaborando assim para o aumento da eficiência e segurança de operação.

2.2.11 Planejamento e gestão da lubrificação

A lubrificação ideal é um conjunto de 5 fatores: tipo certo de lubrificante, quantidade correta, condição correta, localização correta e ocasião correta (SKF, 2011). Estes 5 fatores coordenados mediante um controle necessita dos seguintes fundamentos (CARRETEIRO E BELMIRO, 2006):

- Número mínimo adequado de lubrificantes, segundo às exigências dos equipamentos;
- Armazenamento e distribuição adequada;
- Controle dos serviços de lubrificação;
- Controle do consumo de lubrificantes;
- Codificação e identificação dos lubrificantes.

É fundamental compreender o passado dos equipamentos e os efeitos do plano de lubrificação quando avaliar decisões pertinentes às ações de lubrificação. Existem diversos indicadores que servem para auxiliar a evolução do plano de lubrificação, como (Bloch, 2000):

- Gastos de manutenção e percentagem gasta em lubrificantes;
- Número de falhas derivadas da lubrificação;
- Consumo de lubrificantes.

2.2.12 Benefícios da Gestão da Lubrificação para a manutenção

Como benefícios da lubrificação adequada, Carreteiro e Belmiro (2006) defendem que a implementação correta do planejamento da lubrificação trará: melhor organização do histórico de manutenção e lubrificação nos mecanismos, maior controle da reposição de lubrificantes, aumento da confiabilidade nos equipamentos e racionalização do consumo, levando a redução de custos.

Além destes benefícios citados, a SKF (2019) também cita na Figura 6 os benefícios da implementação de um plano de lubrificação adequado para uma máquina ou equipamento.

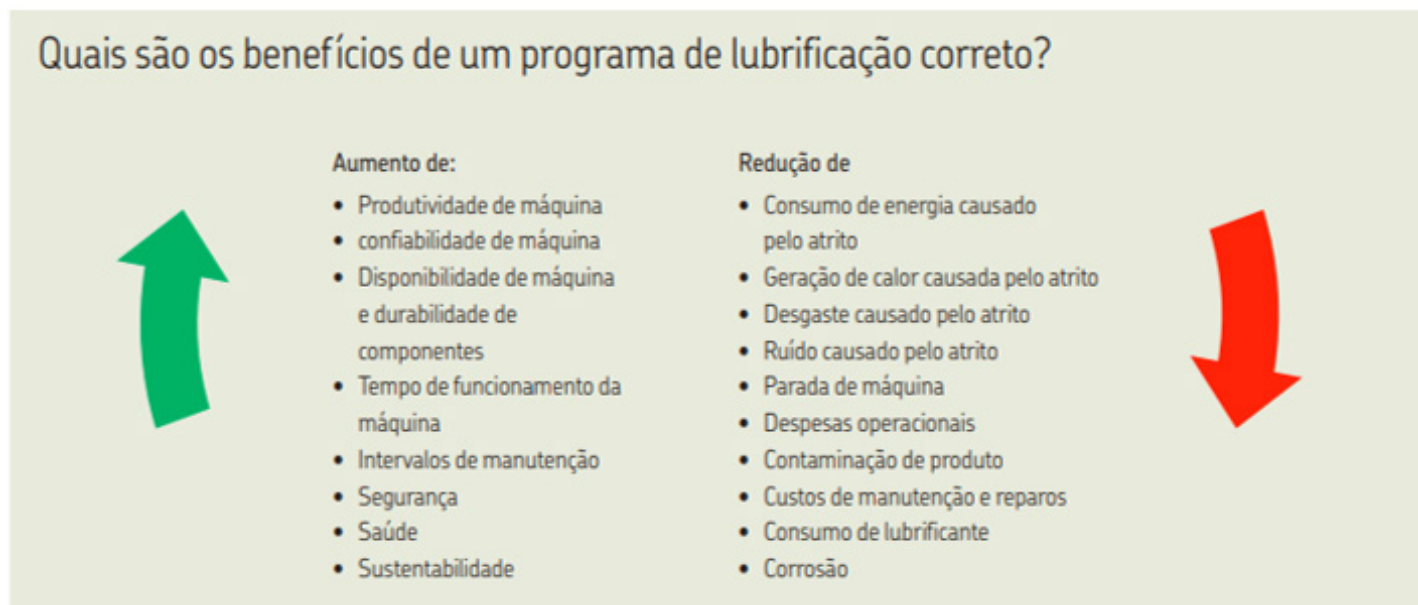


Figura 6 – Benefícios do programa de lubrificação

Fonte: SKF; Produtos SKF PARA MANUTENÇÃO E LUBRIFICAÇÃO; (p. 120, 2019)

Estas tecnologias, juntamente com a correta gestão da lubrificação, tendem a aumentar a produtividade das máquinas, disponibilidade e confiabilidade da máquina e do processo produtivo, maior segurança de operação e redução com custos de manutenção corretiva.

Uma boa gestão da lubrificação precisa ser acompanhada, necessariamente, de trei-

namentos para às equipes técnicas responsáveis pela manutenção e operação dos equipamentos, além da implementação da análise de óleo lubrificante usado afim de servir como uma ferramenta detectiva de possíveis falhas e determinação das causas-raiz desses problemas. A gestão da lubrificação, quando bem implementada, tende a ser um fator determinante da qualidade e eficiência dos processos, reduzindo desperdícios que geram gastos desnecessários, propiciando economia na troca e reposição de peças, e sobretudo gerando maior disponibilidade dos equipamentos.

3. CONCLUSÃO

A partir dos dados bibliográficos supracitados, é possível compreender a importância dos lubrificantes para a correta manutenibilidade de todos equipamentos onde são empregados. Sua correta aplicação gera benefícios que tendem a elevar o nível de confiabilidade operacional, qualidade dos produtos manufaturados, e agregar um fator a mais de extrema importância: segurança.

A definição mais contemporânea de manutenção está diretamente ligada a busca por confiabilidade, substituição de sistemas obsoletos e implantação de métodos eficazes de gestão e manutenção. A gestão da lubrificação reúne estes interesses, transformando essas áreas em uma parte estratégica da manutenção como um todo.

A respeito do objetivo de servir como manual introdutório sobre lubrificantes e sua importância para a manutenibilidade dos equipamentos industriais, através de conceitos básicos dos lubrificantes, plano de manutenção, problemas e benefícios da lubrificação correta, pode-se concluir como devidamente alcançado. Sobre os objetivos específicos de analisar os princípios, conceitos e definições da gestão da lubrificação, tal qual suas origens e exemplificar como a lubrificação adequada, pode-se concluir que este objetivo foi devidamente alcançado.

A partir dos temas analisados, pode-se compreender o quão importante a gestão da lubrificação é para toda e qualquer indústria que utilize algum tipo de lubrificante em seus maquinários. A evolução constante das tecnologias da lubrificação tem cada vez mais propiciado o aumento da eficiência industrial, melhoria dos processos produtivos no quesito de qualidade e segurança operacional. Portanto, a elaboração de um plano de lubrificação adequado para cada equipamento, assim como o treinamento do corpo técnico de manutenção, com a finalidade de aplicar, acompanhar e manter a gestão da lubrificação de cada equipamento da maneira adequada, representa um potencial de redução de custos significativos, seja com a diminuição do consumo de lubrificantes, redução de quebras dos equipamentos ou componentes lubrificados, e maior disponibilidade destes equipamentos com a redução de paradas não programadas para correção de falhas.

Referências

- BARRETT, M. **The Practical Guide To Oil Analysis**. [S.l.]: Insight Services, 2007 n.4th ed.
- BELMIRO, Pedro N.A. CARRETEIRO, Ronald P. **Lubrificantes & Lubrificação Industrial**. 1a Edição, Editora Interciência, 532 páginas, 2006.
- BOOSER, E. R. **CRC Handbook of Lubrication and Tribology**. [S.l.]: CRC Press, 1993.
- BLOCH, Heinz. **Practical Lubrication for Industrial Facilities**. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 2000.
- CARRETEIRO, R.P., BELMIRO P.N.A., **Lubrificantes Andamp; Lubrificação Industrial**. Editora Iterciência, Rio de Janeiro – 2006.
- ENGETELES. **5 Pilares para um bom plano de lubrificação**. 2017. 1 fotografia. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/>>. Acesso em: 21 out. 2021.
- MEDEIROS, Suelson Diógenes de França – **Análise tribológica de um sistema de acionamento alternativo de PIGS para a Indústria do Petróleo**. 127 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2010.
- MOBIL, **Lubrificação Industrial**: 8ª edição, 48 páginas, Rio de Janeiro – s.d.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. **2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997**.
- PETRONAS DO BRASIL, **Princípios Básicos de Lubrificantes e Lubrificação**, 39 páginas, Minas Gerais – s.d.
- SKF Group. **“SKF Lubrication Management.”** 2011: 2-3.



CAPÍTULO 22

A IMPORTÂNCIA DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA GESTÃO APLICADAS EM UM PLANO DE MANUTENÇÃO

*THE IMPORTANCE OF QUALITY MANAGEMENT TOOLS APPLIED IN A
MAINTENANCE PLAN*

William Pereira Sarges¹

Igor Assilon Melo Gomes¹

Joaquim Cantanhede de Castro¹

Robert William Nogueira dos Santos¹

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira²

1 Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

2 Professora, Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

Resumo

A manutenção vem evoluindo sofrendo assim adaptações para se adequar aos grandes movimentos industriais das últimas décadas sendo uma evolução forçada visando a grande perspectiva sobre o setor industrial, fazendo com que novos métodos de gestão fossem desenvolvidos junto a ferramentas que resultassem em mais confiabilidade, organização e controle dessa gestão demonstrando a grande importância no gerenciamento de um plano de manutenção a fim de maximizar o desempenho dos equipamentos, além de reduzir custos inesperados e encontrando “a causa raiz” dos problemas na rotina de produção através de ferramentas como: Ciclo PDCA, Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês com o objetivo de conhecer seus conceitos e aplicabilidade agregadas a um plano de manutenção demonstrando seus principais benefícios, através da metodologia de uma revisão bibliográfica explorando livros, revistas e sites em que os resultados obtidos sobre os principais tipos de manutenções e ferramentas de gestão foi evidenciado a sua importância tanto usadas separadamente como aplicadas em conjunto, apresentando resultados mais satisfatórios quando usadas corretamente.

Palavras-chave: Manutenção, Gestão, Qualidade, Confiabilidade.

Abstract

Maintenance has been evolving, thus suffering adaptations to adapt to the great industrial movements of the last decades, being a forced evolution aiming at the great perspective on the industrial sector, causing new management methods to be developed together with tools that resulted in more reliability, organization and control of this management demonstrating the great importance in managing a maintenance plan in order to maximize equipment performance, in addition to reducing unexpected costs and finding “the root cause” of problems in the production routine through tools such as: PDCA Cycle, Diagram of Ishikawa and 5 Whys with the objective of knowing its concepts and applicability added to a maintenance plan demonstrating its main benefits, through the methodology of a bibliographic review exploring books, magazines and websites in which the results obtained on the main types of maintenance and management tools was evidenced to show their importance both used separately and applied together, presenting more satisfactory results when used correctly.

Keywords: Maintenance, Management, Quality, Reliability.



1. INTRODUÇÃO

Por volta do século XVI surgiram algumas máquinas mecânicas que com o decorrer do tempo foi observado que para tais máquinas continuassem a funcionar se fazia a necessidade de reparos, a partir daí começou a surgir a palavra manutenção e os primeiros técnicos e assistentes, e sua grande evolução durante a história ocorreu na revolução industrial, em que a manutenção se caracterizava como o conjunto de cuidados técnicos para o funcionamento regular e permanente.

Com o mundo cada vez mais globalizado, alguns serviços de determinadas áreas vem se tornando cada vez mais importante, uma dessas áreas é a da produção que sempre está em busca de um alto desempenho, mas para que isso ocorra se faz necessário ter uma excelente gestão do plano de manutenção garantindo a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos.

Devido às constantes evoluções dos processos de gestão, a competitividade nas grandes empresas vem crescendo a cada dia em que ao mesmo tempo que elas buscam ganhos em produtividade também buscam ter um diferencial. Para alcançar esses resultados foram desenvolvidas ferramentas de qualidade que auxiliam na gestão em diversas áreas incluindo a da manutenção, como o Ciclo PDCA, Diagrama de Ishikawa, 5 porquês, entre outros, que possuem várias finalidades como fazer um planejamento controlado e confiável, demonstra a causa e efeito de forma simples e apresentar a causa raiz do problema.

A utilização de algumas ferramentas modernas de gestão aplicadas em planos de manutenções comprova que esse setor está ficando cada vez mais estratégico. Com tantas opções de ferramentas de gestão se torna importante saber qual e quando aplicar uma determinada ferramenta de acordo com a estratégia de manutenção planejada. Sendo assim, o conhecimento dessas ferramentas é indispensável para aqueles que buscam se desenvolver no setor da manutenção.

Ao final deste artigo será possível solucionar o problema referente a seguinte pergunta: Quais valores essas ferramentas de gestão agregam para as estratégias aplicadas em um plano de manutenção?

Este trabalho tem como objetivo geral o conhecimento de algumas das ferramentas de gestão agregadas no plano de manutenção e como objetivos específicos apontar os principais tipos de manutenção na indústria, seus conceitos e comentar sobre a importância da utilização das ferramentas de gestão tendo em vista diversos resultados favoráveis como a redução da quebra de maquinário não prevista, conhecimento da causa raiz dos problemas encontrados, tempo de paradas na produção reduzido além de uma melhor fluidez e confiabilidade em um procedimento de manutenção.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Seguindo a metodologia do presente trabalho de conclusão de curso a pesquisa desenvolvida foi uma revisão bibliográfica que teve com base resultados qualitativos em que as fontes pesquisadas foram livros, artigos científicos e dissertações relacionadas ao tema. O período dos artigos pesquisados são os trabalhos publicados nos últimos 30 anos, visto conceitos fundamentais para o embasamento deste trabalho. As palavras-chave utilizadas na busca para pesquisa foram: “Manutenção”, “ferramentas”, “qualidade”.

2.2 Resultados e Discussão

Entendendo que diversos setores industriais vêm buscando formas de melhorias e maneiras para se destacarem diante da grande competitividade na Era da Indústria 4.0, focando na utilização de diversos tipos de ferramentas vinculada a qualidade para uma gestão otimizada, a seguir contém os dados levantados e suas principais relações diante da pesquisa realizada deste presente trabalho.

2.2.1 Manutenção

Em que se defini como a combinação de 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 (ABNT, 1994).

Segundo Dunn (2002), toda atividade realizada visando a conservação de um ativo sendo que este possa realizar sua função requerida é caracterizada como um tipo de manutenção. Sendo que modificações sem necessidade de reparos não são caracterizadas manutenções.

Para Kardec e Nascif (2001), a manutenção tem o compromisso de garantir a disponibilidade dos equipamentos assim atendendo a um programa de produção ou serviço preservando do meio ambiente, confiabilidade e custos adequados.

Segundo Kardec e Nascif (2019), sua evolução se inicia a partir de 1930, por 4 gerações, sendo elas: Corretiva, Preventiva, Preditiva e a engenharia da manutenção, passando por uma linha do tempo que vai até a integração no conjunto de tecnologias de automação e compartilhamento de dados, computação em nuvem e internet das coisas.

Segundo Viana (2002), com a existência de novos equipamentos que causassem ganhos significativos na produção provocou uma grande disponibilidade com custos de inatividade ficando cada vez mais altos. Assim foi visto que não basta ter instrumentos novos e sofisticados se faz a necessidade de saber usá-lo de forma racional e produtiva. Sendo assim as técnicas de organização, planejamento e controle nas empresas sofreram



uma grande evolução.

De acordo com os relatos citados sobre a manutenção foi evidenciado um grau maior de confiabilidade e conservação dos equipamentos após a manutenção, sendo que apesar de ela realizar atividades para levar o ativo para suas condições originais uma melhoria além disso não se considera manutenção. Concordando que a manutenção busca reduzir custos vale a pena especificar que esses custos reduzidos se referem a custos futuros fazendo assim a necessidade de um certo gasto inicial

Com a evolução na gestão da manutenção as estratégias podem ter ficado com uma complexidade maior, mas este obstáculo se torna algo simples de ser resolvido quando se tem o conhecimento dos tipos de manutenção, que são formas de seguir as intervenções nos equipamentos de acordo com o tipo mais adequado. Para Viana (2002) os principais tipos de manutenção são: Manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção centrada em confiabilidade (MCC) e manutenção produtiva total (TPM), sendo que cada uma delas são impostas com diferentes resultados, sendo a manutenção corretiva efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condição de executar uma função requerida, a manutenção corretiva não planejada é realizada após a falha de desempenho de um equipamento. Para Pinto e Xavier (1999), a manutenção corretiva não planejada é a atuação da manutenção em algo já ocorrido, já a corretiva planejada consiste na correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. (PINTO; XAVIER, 2001). Todavia a manutenção preditiva é efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item NBR - 5462 (ABNT, 1994, p. 7). Dessa forma, esse tipo de manutenção evita diversos tipos de prejuízos uma vez realizados da maneira correta.

Para Xenos (2014) a manutenção preventiva deve ser a principal atividade de manutenção em qualquer empresa, pois requer atividades sistemáticas que envolvem inspeções e análises em períodos predefinidos que serão úteis para avaliar o subcomponente de um equipamento. Quando buscamos uma maior confiabilidade é recomendável a utilização da manutenção preditiva que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando meios de supervisão centralizados para reduzir a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva sendo uma manutenção sob condição (NBR -5462, 1994).

De acordo com os dados citados pode-se deduzir que as manutenções corretivas não são as mais recomendáveis visto que as mesmas só são empregadas após o equipamento apresentar falhas no seu funcionamento já as preventivas e preditivas conseguem evitar e evidenciar essas possíveis falhas, sendo a preditiva o tipo de manutenção mais importante visto que a mesma é focada em análises de supervisão trazendo mais confiabilidade e reduzindo custos com corretivas e equipamentos de preditivas.

2.2.2 Ferramentas de Qualidade

A qualidade de produtos ou serviços que antes era visto como estratégia passou a

ser necessidade, sempre em busca da melhoria contínua a fim de dar sustentabilidade e competitividade para as empresas. Obtendo uma metodologia voltada para excelência, tem como princípio o uso de ferramentas que proporcionam a melhoria contínua, a eliminação de anomalias e o crescimento rápido da empresa (SILVA E SARTORI, 2014). Segundo Cobêro (2014) a introdução de uma ferramenta de qualidade possibilita às empresas, melhorias e atualizações, que são fatores importantes para o sucesso no mercado.

Foi identificado que algumas dessas ferramentas são amplamente usadas na gestão da manutenção, sendo elas responsáveis pela melhoria significativa no desempenho das empresas que as utilizam de acordo com sua necessidade e de forma correta. Entre elas citamos as seguintes ferramentas:

Ciclo PDCA que é utilizado pelas empresas para coordenar os seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões (MARIANI, 2005). Criado por Walter A. Shewart este método contém 4 etapas: P (*Plan* - Planejar): Planejamento dos processos e métodos a serem executados. Silva (2009) informa que antes do início de qualquer atividade deve ser feito o planejamento, pois quando não há um bom planejamento os riscos de insucesso são maiores; D (*Do* - Fazer): É fase da execução do planejado; C (*Check* - Verificar): Consiste na coleta e análises de dados verificados durante a execução; A (*Action* - Ação): Certificar se o problema foi devidamente resolvido se sim então é realizada a padronização do processo.

Outra ferramenta amplamente utilizada é os "Cinco Porquês" que consiste em encontrar a causa raiz de problemas de diversas áreas. Sendo uma ferramenta limitada com uma média de cinco perguntas sucessivas, buscando instigar o cliente a ter mais clareza sobre o problema, vale ressaltar que apesar de encontrar o problema esta ferramenta necessita de outra para tratar a causa.

Na busca por uma ferramenta que pudesse solucionar problemas de forma esquemática e visual foi evidenciado o diagrama de Ishikawa que tem por finalidade demonstrar a relação entre um resultado de um processo (o efeito) e os fatores (as causas) que influenciam no resultado (ROTANDARO, 2002). Também conhecido como "espinha de peixe" em que consiste em um diagrama alimentado com informações nas suas extremidades (possíveis causas) resultando no efeito específico do sistema. Na Figura 1, Seleme e Stadler (2012) demonstra o Diagrama de Ishikawa de forma simplificada.

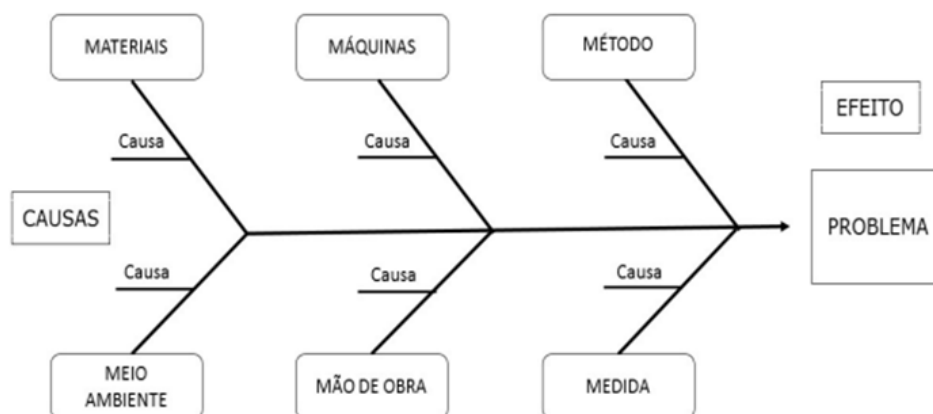


Figura 1 - Diagrama de Ishikawa

Fonte: Adaptado pelo autor com base em Seleme e Stadler (2012).

Barros e Bonafini (2015) complementam que o diagrama é utilizado para identificar a relação entre causas e efeitos de um processo com o objetivo de detectar e analisar os chamados 6 (seis) Ms. São eles: (1) Materiais, (2) Mão de obra, (3) Método, (4) Máquina, (5) Medida e (6) Meio Ambiente. Estes M's são colocados nas extremidades de cada linha, mas nem sempre há a necessidade de análise de todos eles, isto dependerá das características de cada processo.

Entendendo os conceitos dos tipos de manutenções, ferramentas de qualidade e concordando com os resultados encontrados no decorrer da pesquisa, pode-se fazer a relação entre eles dependendo da sua aplicabilidade. Em um PDCA na etapa de planejamento pode ser aplicado uma manutenção preditiva para evitar corretivas e outras possíveis falhas, outra relação possível é na saída da análise de um 5 Porquês que por exemplo: ocorreu uma quebra de um sistema mecânico por falta de lubrificação em que ocasionou uma parada na produção levando a uma manutenção corretiva, sendo a solução para esse maquinário não apresentar mais este problema é a implementação da manutenção preventiva em que se faz a verificação periódica do nível de lubrificante e condições físicas do maquinário. No caso de uma análise complexa envolvendo várias causas relacionada a um problema levando a manutenções recorrentes pode-se utilizar o diagrama de Ishikawa para identificar suas possíveis causas em decorrência do efeito.

3. CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que uma ferramenta de qualidade eficaz está completamente ligada ao desempenho de uma boa gestão da manutenção, uma vez que os profissionais envolvidos tenham um completo conhecimento dos seus conceitos e aplicabilidade, pois quando se trata de qualidade seja em produtos, serviços, confiabilidade ou produtividade todos dependem de um bom desempenho setor da manutenção. Visto a implementação de ferramentas de qualidade na gestão da manutenção pudemos observar um maior controle e mais confiabilidade dos processos, utilizando cada ferramenta de acordo com a necessidade, seja para encontrar a causa raiz de um problema ocorrido em uma manutenção corretiva ou a construção de todo um processo estratégico de um projeto, passando pelo planejamento, execução, verificação até a padronização pelo aprendizado.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 5462: **Confiabilidade e Manutenibilidade** – Rio de Janeiro, 1994.

BARROS, Elsimar; BONAFINI, Fernanda. **Ferramentas da qualidade**. São Paulo: Pearson, 2015. E-Book. Disponível em: Acesso em: 03 out. 2017.

CÔBERO C.; Oliveira, M. C. F. de; Patudo, P. H. Implantação da ferramenta de qualidade 5'S em uma fábrica de esquadrias de alumínio. **E-Locução – Revista Científica da FAEX**. 2014, vol.1 n.6, p. 7-33.

GIANESE, I. G. N.; CORRÊA, H. L. **Administração Estratégia de Serviços**. São Paulo: Atlas, 2010.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica**. Segunda edição. Rio de Janeiro: *QualityMark*, 2001.

MARIANI, C. A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: estudo de caso. **RAI – Revista de Administração e Inovação**. 2005, v.2 n.2, p. 110-126.

PINTO, A. K. E XAVIER, J. N. (1999), **Manutenção: função estratégica**, Qualitymark, Rio de Janeiro

ROTANDARO, G. R; et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e Serviços**. São Paul: Atlas, 2002

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Intersaberes, 2012. E-Book. Disponível em: Acesso em: 03 out. 2017.

SILVA, A. C. R da. **Utilização da Ferramenta PDCA e o seu potencial de aplicação no setor aeroespacial**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2009.

SILVA, P. M. da; Sartori, M. M. A utilização prática do PDCA e das ferramentas da qualidade como provedoras intrínsecas para melhoria contínua nos processos produtivos em uma indústria têxtil. **Revista Organização Sistêmica**. jul./dez. 2014, v.6 n.3 , p. 40-55.

VIANA, H. R. G. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, H. G. D. P. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 2. ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2014.



CAPÍTULO 23

ANÁLISE DOS PRINCIPAIS FATORES QUE INTERFEREM EM UM CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO

*ANALYSIS OF THE MAIN FACTORS THAT INTERFERE IN A REFRIGERATION
CIRCUIT*

Warley Silva Mendes¹

¹ Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

Resumo

O uso da refrigeração representa um dos mais consideráveis avanços da sociedade moderna diante a necessidade de armazenar e processar alimentos, os sistemas de refrigeração por compressão de vapor são utilizados em residências, comércios, e indústrias no entanto todos operam baseado no ciclo de compressão a vapor, os sistemas de refrigeração por compressão de vapor são utilizados para conservar vacinas e proporcionar ambientes climatizados para o trabalho O ciclo de refrigeração por compressão de vapor é composto por quatro processos fundamentais de transformações do estado do fluido refrigerante: (1) expansão, (2) vaporização, (3) compressão e (4) condensação. O objetivo do estudo foi realizar um levantamento bibliográfico dos possíveis fatores que interferem em circuito de refrigeração, objetivando informar os tipos de sistemas e componentes do sistema, apresentar todas as principais intercorrências e identificar as principais medidas de controle e prevenção. As buscas foram realizadas em consultas a fontes como artigos científicos, teses, livros, revistas, monografias, dissertações, sites de língua portuguesa e inglesa.

Palavras-chave: Refrigerador. Circuito. Condensadores. Manutenção.

Abstract

The use of refrigeration represents one of the most considerable advances of modern society in the face of the need to store and process food, vapor compression refrigeration systems are used in homes, businesses, and industries, however they all operate based on the vapor compression cycle. , vapor compression refrigeration systems are used to preserve vaccines and provide acclimatized environments for work The vapor compression refrigeration cycle is composed of four fundamental processes that change the state of the refrigerant fluid: (1) expansion, (2)) vaporization, (3) compression, and (4) condensation. The objective of the study was to carry out a bibliographic survey of the possible factors that interfere in the refrigeration circuit, aiming to inform the types of systems and components of the system, present all the main complications and identify the main control and prevention measures. The searches were carried out in consultations with sources such as scientific articles, theses, books, magazines, monographs, dissertations, Portuguese and English language sites.

Keywords: Refrigerator, Circuit, Condensers, Maintenance.



1. INTRODUÇÃO

O uso da refrigeração representa um dos mais consideráveis avanços da sociedade moderna diante a necessidade de armazenar e processar alimentos, conservar vacinas e proporcionar ambientes climatizados para o trabalho. Os principais problemas encontrados em indústrias são: consumo excessivo de energia, perda do fluido refrigerante, que tem grande impacto na diminuição da capacidade frigorífica acarretando uma baixa eficiência energética além dos custos de manutenção.

Os sistemas de refrigeração por compressão de vapor são utilizados em residências, comércios e indústrias. Estes seguimentos configuram em suas estruturas diferentes equipamentos, no entanto todos operam baseado no ciclo de compressão a vapor, que dispõe dos seguintes processos: expansão, vaporização, compressão e condensação.

A Refrigeração industrial tornou-se de grande importância diante da necessidade encontrada atualmente, utilizada em grandes indústrias de diferentes ramos, tais como: cervejaria, frigoríficos, supermercados e farmacêuticas. Dessa forma faz-se importante ampliar o conhecimento e analisar os fatores e causas de problemas que sejam resultantes da falha de manutenção, ou de situações extremas, a fim de que possam ser evitados ou minimizados.

Identificar e aperfeiçoar os fatores que interferem em um circuito de refrigeração, estabelece-se de grande importância em áreas da refrigeração de grande porte, temos como exemplos equipamentos degradados, manutenção e instalação incorreta até mesmo falhas em sensores pode gerar desgastes antecipados dos componentes.

O objetivo do estudo foi realizar um levantamento bibliográfico dos possíveis fatores que interferem em circuito de refrigeração, objetivando informar os tipos de sistemas e componentes do sistema, apresentar todas as principais intercorrências e identificar as principais medidas de controle e prevenção.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O estudo consiste em uma revisão de literatura de caráter integrativa e descritiva. As buscas foram realizadas em consultas a fontes como artigos científicos, teses, livros, revistas, monografias, dissertações, sites de língua portuguesa e inglesa. Tendo como base de dados: Scielo, Google acadêmico, Biblioteca Faculdade Pitágoras. Foram selecionados os artigos publicados nos últimos 20 anos. As palavras-chaves utilizadas foram: refrigeração, circuito, condensadores, manutenção, ciclo de refrigeração.

2.2 Resultados e Discussão

Refrigeração pode ser definida como um processo físico, no qual ocorre a transferência contínua de energia térmica de um corpo, ambiente ou substância. Ocorrendo em seguida a transferência do calor retirado para outro corpo, outro ambiente ou outra substância, sendo considerados os processos cujas reduções ou conservações de temperatura sejam inferiores à temperatura do ambiente circundante. Sistemas de refrigeração são utilizados com o objetivo de facilitar processos, processar e conservar produtos ou efetuar climatização para conforto (TASSINI, 2012)

2.2.1 Refrigeração por compressão de vapor

O sistema de refrigeração por compressão de vapor é amplamente utilizado nas indústrias, estabelecimentos comerciais e residências. Estes segmentos dispõem de diferentes equipamentos e configurações, porém, tanto um sistema de ar condicionado, quanto um refrigerador residencial, ou até mesmo sistemas de refrigeração industriais, operam com base no ciclo de refrigeração a vapor (TOIGO, 2013).

Para entender o funcionamento dos equipamentos que utilizam o ciclo de refrigeração por compressão de vapor, deve-se compreender inicialmente a definição do mesmo: "Quando um fluido circula através do sistema, passa por um certo número de transformações de estado, ou condição, cada uma das quais é chamada de processo. O fluido começa em algum estado, ou condição inicial e uma série de processos numa sequência determinada, e volta ao estado inicial. Tal serie é chamada de 'ciclo' (SILVA 2014).

Para vaporizar um fluido continuamente é necessária que a tensão de seu vapor seja superior a pressão a que está submetido. Dessa maneira, consegue-se reduzir a temperatura no meio a refrigerar. Para que ocorra uma vaporização contínua, o fluido deverá ser condensado repetidamente. Obtém se esse resultado, com o ciclo a vapor ocorrendo em um circuito fechado. A refrigeração mecânica por compressão de vapor resume-se na produção contínua de fluido refrigerante, que através da vaporização remove calor do meio a refrigerar (BAIER, 2017).

O ciclo de refrigeração por compressão de vapor passa por quatro processos básicos. O princípio básico de funcionamento é o mesmo sempre, podendo haver sistemas mais complexos, como ciclos de múltiplos estágios de compressão envolvendo um número maior de componentes (TOIGO, 2013).

O ciclo é iniciado com o fluido refrigerante é comprimido no compressor no estado de vapor superaquecido, onde sua pressão e sua temperatura são elevadas. No condensador o calor ganho no processo de compressão é rejeitado para o meio exterior, ocasionando assim o resfriamento do fluido e a mudança da fase vapor para líquida. Partindo, no estado de líquido sub-resfriado, o fluido segue para o dispositivo de expansão que provoca uma queda de pressão, responsável também pela queda da temperatura. No evaporador absorve calor do meio a ser resfriado causando o efeito frigorífico. O fluido de trabalho, então, muda de fase (líquido-vapor) saindo deste como vapor superaquecido, para retornar ao compressor, iniciando novamente o ciclo. (GARCIA; FILHO; MENDONÇA, 2007).

O ciclo de refrigeração por compressão de vapor é composto por quatro processos fundamentais de transformações do estado do fluido refrigerante: (1) expansão, (2) vaporização, (3) compressão e (4) condensação. Qualquer mudança em um desses processos irá afetar todos os demais do ciclo (ELETROBRÁS, 2005).

2.2.3 Componentes do sistema de refrigeração

Um sistema de refrigeração simples é constituído de quatro componentes principais, são eles: o compressor, condensador, válvula de expansão e evaporador. Estes devem estar conectados e gerar circuito por onde irá ocorrer a passagem do fluido refrigerante (SILVA, SILVA, 2007).

2.2.3.1 Compressor

O compressor é responsável por elevar a pressão e dar vazão ao fluido refrigerante, o que o faz dispositivo eletromecânico que desempenha papel muito relevante dentro do sistema de refrigeração (BAIER, 2007).

A diversidade e a classificação entre os tipos de compressores, que pode ocorrer de acordo com a forma construtiva: rotativo, alternativo, *scroll*, centrífugo e parafuso (TOIGO, 2013).

Na refrigeração industrial são utilizados praticamente todos os tipos de compressores: alternativos, rotativo parafuso e de palheta e centrífugo (STOECKER; JABARDO, 2002). Os compressores podem ser classificados quanto ao tipo de acoplamento e ao tipo de compressão (BAIER, 2017).

O que define como é feita a instalação do motor elétrico junto ao compressor é o tipo de acoplamento, podendo ser classificado como hermético, semi-hermético e aberto. Nos compressores classificados com herméticos, não existe a possibilidade de conserto, pois o motor elétrico e o compressor estão juntos na mesma carcaça. Em um compressor semi-hermético o motor elétrico e o compressor estão instalados em uma mesma carcaça, porém, este possibilita a manutenção. Os compressores abertos são classificados dessa maneira, pois o motor elétrico e o compressor não estão na mesma carcaça (SILVA; SILVA, 2007).

Quanto ao modo como é feita a compressão do fluido os compressores são classificados como alternativos ou rotativos. Nos compressores rotativos ou de pistão rolante, dois cilindros compõem a câmara de combustão, um fixo e um móvel. O cilindro móvel é definido como pistão rolante, é montado junto ao eixo de acionamento excêntrico e gira dentro do cilindro denominado como fixo. As câmaras de sucção e descarga são formadas por uma mola que pressiona uma palheta contra o pistão rolante, sendo assim os processos de sucção e descarga ocorrem simultaneamente, não sendo necessária a utilização de válvulas (SILVA; SILVA 2007). No rotativo ocorre a compressão com a redução do volume da

câmara de descarga pelo rotor, ou múltiplas palhetas que tem o mesmo tipo de disposição em relação ao cilindro de compressão. Pode ter como característica a composição de palheta simples, onde o eixo do cilindro é excêntrico ao motor, de modo que a compressão se dá pela formação de duas câmaras, sendo uma de sucção e outra de descarga, divididas por uma palheta simples atuada por mola, (SILVA, 2003).

Em relação aos compressores parafusos que são os mais utilizados na refrigeração industrial para compressão de amônia e outros gases e são geralmente utilizados em instalações de grande carga térmica. Duas situações a serem analisadas, nesse tipo de compressor é chamado de *sobre-compressão* que ocorre quando a razão entre volumes do compressor for muito alta para uma dada condição de operação, a pressão de descarga interna é maior que a pressão de descarga do sistema. Em contra partida se a razão entre volumes é muito baixo para condições de operação do sistema, ocorre a sub-compressão. Essas duas situações quando ocorre o funcionamento do compressor não é prejudicado, porém a potência requerida é maior, o que acarreta um maior custo energético (TASSINI, 2012).

Como solução para os problemas citados, tem se como melhor alternativa, do ponto de vista energético a variação de velocidade para controle de capacidade nos compressores parafusos, onde pode ser efetuada utilizando os acionamentos por inversores de frequências (GUIMARÃES, 2012).

2.2.3.2 Evaporador

O evaporador é um trocador de calor que absorve o calor para o método de refrigeração. Ele recebe líquido refrigerante frio, de baixa pressão proveniente do dispositivo de expansão e através da absorção do calor de alguma substância, vaporiza-o em seu interior. Essa substância pode ser o ar, água, outro fluido ou mesmo um sólido. (MARAN, 2004)

Um fluido refrigerante absorve o seu calor latente da carga e deixa o evaporador como vapor superaquecido. Os evaporadores são classificados de acordo com seu padrão de fluxo de refrigerante e sua função. O objetivo do evaporador é receptor fluido de baixa pressão e baixa temperatura da válvula de expansão e trazê-lo em contato térmico próximo simultaneamente o centro a refrigerar (BAIER, 2017).

Os principais tipos são: de expansão seca, placas, de tubo liso, tubo com aletas (estáticos e por convecção forçada) e Roll-Bond, fabricados em diversas formas construtivas de acordo com a necessidade do projeto (BONATTO, 2017).

Os problemas com evaporadores estão ligados com a disposição da solução a ser concentrada. De modo a reconhecer que o líquido pode variar seus aspectos causando maior complexidade em seu funcionamento. A formação de espuma é um dos principais problemas em evaporadores, tal processo ocasiona uma perda de produto que ocorre devido a espuma estável contendo parte da solução sair do evaporador junto com o vapor, outro grande está na formação de escama do soluto que pode fazer com que o coeficiente global de troca de calor sofra uma diminuição. Para resolver o problema recorre-se à lim-

peza dos tubos de evaporador. (SANTOS, 2015)

Os evaporadores desempenham uma função importante nos processos industriais. Algumas características particulares de cada líquido possibilitam a construção de sistemas otimizados para uma separação mais vantajosa. Por isso, acontecem alterações nas estruturas no sistema de evaporadores para cada tipo de solução. (SANTOS, 2015).

2.2.3.3 Condensador

É componente responsável pela troca de calor entre o fluido e o ambiente externo. O fluido refrigerante deixa o compressor após ter sua pressão e temperatura elevada e entra no condensador no estado de vapor superaquecido, onde ocorre a troca de calor latente deixando-o na forma de líquido condensado (FERZOLA, 2010).

O elemento responsável em transformar o gás quente a alta pressão, oriundo do compressor líquido, rejeitando o calor contido no fluido refrigerante para algum meio (TASSINI, 2012).

Os quatro tipos de condensadores aplicados na refrigeração industrial podem ser resfriados a ar (a), a água – casco tubo (b) ou a placas (c) e evaporativos (d). Na refrigeração industrial predomina o tipo evaporativo, bem como os conjuntos de condensadores a placas com torres de resfriamento (TASSINI, 2012).

Os condensadores evaporativos possuem características construtiva semelhante a uma torre de resfriamento. O calor rejeitado pelo refrigerante é transferido sucessivamente à água e ao ar ambiente. Neste sistema movido a placas, o fluido refrigerante é condensado e escoado no sentido descendente, enquanto a água circula no sentido ascendente. A água aquecida pela condensação do refrigerante é circulada por bombas através de uma torre de resfriamento, de onde retorna ao condensador (STOECKER, JABARDO 2002).

O processo a transferência de calor no condensador, pode-se dividir em três etapas distintas que são: dessuperaquecimento, a condensação do fluido e sub resfriamento (SILVA, 2003).

O comportamento de uma unidade de condensação é presumido diretamente pela variação da temperatura de evaporação e, conseqüentemente pela pressão de sucção do vapor transportado do evaporador. A capacidade de bombeamento e, logo a capacidade de refrigeração se altera quando varia, ocasionando uma alteração da temperatura de condensação (GUIMARÃES, 2012).

2.2.3.4 Dispositivo de expansão

Dispositivos de expansão são os componentes do sistema de refrigeração que têm por finalidades provocar a perda de pressão de condensação do refrigerante, que é acompa-

nhada de um decréscimo de temperatura, desde a pressão de condensação até a pressão de evaporação e dosar a vazão de refrigerante que circula no evaporador (TASSINI, 2012).

Os dispositivos de expansão são basicamente de dois tipos: tubo capilar, que nada mais é que um tubo de pequeno diâmetro com determinado comprimento que faz ligação entre a saída do condensador e a entrada do evaporador, e as válvulas, que por sua vez podem ser classificadas em válvulas de expansão automática, válvulas de expansão termostática, válvulas de expansão eletrônicas e válvulas de boia (ELETROBRAS, 2005).

O dispositivo de expansão deve regular o grau de superaquecimento do evaporador de forma a mantê-lo preenchido com fluido bifásico, isto independe do trabalho feito pelo compressor. Ocorrendo esse grau de superaquecimento elevado é reduzida a efetividade do evaporador e por consequência a capacidade de refrigeração (LIMA, 2015).

Em um estudo comparativo LIMA (2015), entre válvula de expansão termostática e válvula de expansão eletrônica foi evidenciado a instabilidade no controle de superaquecimento que ocasiona perda de eficiência do sistema de refrigeração quando as válvulas de expansão termostática são utilizadas em sistemas de pequeno porte. Já as válvulas de expansão eletrônicas que na verdade são versões elétricas das válvulas de expansão termostática, permitem um controle maior da abertura de passagem e por consequência do grau de superaquecimento na saída do evaporador, isto reduz as instabilidades no controle do sistema.

3. CONCLUSÃO

Sabe-se que o sistema de refrigeração é um recurso que, quando bem planejado, ajuda a garantir o bem-estar com custos reduzidos de operação e manutenção. E que a instalação e manutenção devem ser analisadas e projetadas com objetivo de melhor funcionamento e redução de custos.

Após a realização da pesquisa que teve como objetivo principal fazer um levantamento bibliográfico dos possíveis fatores que interferem no circuito de refrigeração, concluiu-se que o objetivo principal do estudo foi concluído ao explicitar e debater por meio dos achados, e juntamente com os objetivos específicos, onde foi respondido o problema da pesquisa.

Observou-se em meio as pesquisas a deficiência em relação a publicações de artigos que trouxessem correlações diretas ou semelhantes com o tema, o que dificultou a obtenção de mais informações para complementação dos resultados.

Apesar das descobertas apresentadas neste artigo ainda se faz necessário outras pesquisas para preencher lacunas existentes. Neste sentido, as seguintes sugestões para futuros trabalhos: avaliar e comparar os principais problemas recorrentes tanto em sistemas de refrigeração em grande porte e industriais; avaliar a eficiência dos diferentes tipos de válvulas.

Referências

- BAIER, Henrique Ismael. **Otimização do sistema de refrigeração de um expositor comercial leve para cervejas**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/handle/10737/1946> Acesso em: 20 de abril de 2022
- BONATTO, Thiago Lodi. **Projeto preliminar de uma bancada de testes para evaporadores**. 2017. 106. (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/4425> Acesso em : 13 de maio de 2022
- ELETOBRÁS, FUPAI/EFFICIENTIA, **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- FERZOLA, João Farret. **Análise Global de um sistema de refrigeração industrial**. Monografia, (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/27739> Acesso em: 13 de maio de 2022
- GARCIA, Francisco Ernesto; FILHO, Enio P. Bandarra; MENDOZA, Oscar S. Hernandez. **Avaliação do desempenho de um sistema refrigeração por compressão de vapor a velocidade variável**. 2007. Pós Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Federal de Uberlândia. 2007. Disponível em: <http://do-cplayer.com.br/7215684-Avaliacao-do-desempenho-de-um-sistema-refrigeracao-por-compressao-de-vapor-a-velocidade-variavel.html> Acesso em: 20 abril 2022
- GUIMARÃES, Celso Ricardo. **Dimensionamento de um sistema de refrigeração para uma máquina fabricadora de gelo**. 47(Monografia Curso de Engenharia Mecânica.) Universidade de São Francisco. Campinas. São Paulo. 2012. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2915.pdf> Acesso em: 23/05/2022
- LIMA, Luiz Henrique Pinheiro. **Análise do desempenho de um refrigerador doméstico funcionando com válvula de expansão micrométrica**. 66. (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, RN. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/20603> Acesso em: 23/05/2022
- MARAN, Marcos. **Modernização de sistemas de ar condicionado Estudo de caso de implantação de melhorias para um edifício de escritórios**. Monografia (MBA em Gerenciamento de facilidades) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. Disponível em: <http://poli-integra.poli.usp.br/library/pdfs/c5df-dee35810a1f78ae080acf521dd98.pdf> Acesso em : 12 de maio de 2022
- SILVA, Paulino Da Silva. **Análise da eficácia do refrigerador doméstico com condensador modificado**. Revestimento com meio poroso dissipativo. 2014. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/19684> Acesso em: 10 abr. 2022
- SANTOS, André Vieira Lourenço. **Projeto e otimização de um evaporador**. (Graduação – Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas. Poços de Caldas. Minas Gerais. 2015. 56. Disponível em: https://www.unifal-mg.edu.br/engenhariaquimica/system/files/imce/TCC_2015_2/TCC_Andre%20Vieira%20Lourenco%20dos%20Santos.pdf Acesso em: 15 de maio de 2022.
- SILVA, J. D., & SILVA, A. C. **Refrigeração e Climatização para Técnicos e Engenheiros**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2007
- SILVA, Jesué Graciliano da. **Introdução a tecnologia e da climatização**. São Paulo. Editora Artliber,2003.
- STOECKER, W. F; JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial** São Paulo. Editora Edgardo do Blucher LTDA. 2002.
- TOIGO, Everton. **Desenvolvimento do projeto de uma bancada didática de refrigeração por compressão vapor**. 2013. Monografia (Curso Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/1810> Acesso em: 10 abril 2022
- TASSINI, Jussara Oliveira. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial: estudo de caso**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/99296> Acesso em: 12de maio de 2022.

CAPÍTULO 24

ANÁLISE DA INSPEÇÃO DE MOTORES: MONITORAMENTO ATRAVÉS DE SENSORES PARA AUXILIAR NA INSPEÇÃO DE MOTORES E COMPONENTES

ENGINE INSPECTION ANALYSIS: MONITORING THROUGH SENSORS TO ASSIST IN ENGINE AND COMPONENT INSPECTION

Thomas Edson Gomes Leite¹

Michelle Suzane Mendes Pinheiro de Oliveira²

Bruno Higino Costa Barbosa³

1 Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

2 Professora, Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

3 Graduado em Matemática, Especialização em Engenharia de Produção e Mestrando em Engenharia Elétrica em Automação e Controle da Universidade Federal do Maranhão.

Resumo

O presente artigo relata como a manutenção se tornou importante no meio industrial ao longo dos anos, trazendo benefícios a produção de variados utensílios de antigamente até os materiais que são fabricados no início do século XXI, tendo em sua estrutura um tipo de manutenção ou vários, para cada organização de uma empresa que podem ser utilizados com o objetivo de maximizar a vida útil dos equipamentos através das manutenções corretivas, que atua quando o equipamento quebra até uma manutenção preditiva, que tem como pilar a inspeção em campo para informar a previsibilidade de quando vai precisar atuar no equipamento, isso se deve através do monitoramento em períodos definidos, que com a instalação de sensores sem fio em componentes e principalmente em motores, evita o deslocamento excessivo, melhora significativamente os controles, o recolhimento de dados em tempo real e traz maior confiabilidade das informações e dos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção. Produção. Preditiva. Inspeção. Sensores.

Abstract

This article reports how maintenance has become important in the industrial environment over the years, bringing benefits to the production of various utensils from the old days to the materials that are manufactured in the beginning of the 21st century, having in its structure one type of maintenance or several, for each organization of a company that can be used with the objective of maximizing the useful life of the equipment through corrective maintenance, which acts when the equipment breaks down to predictive maintenance, which is based on inspection in the field to inform the predictability of when will need to act on the equipment, this is due to monitoring at defined periods, which with the installation of wireless sensors in components and especially in motors, avoids excessive displacement, significantly improves controls, the collection of data in real time and brings greater reliability of information and equipment.

Keywords: Maintenance. Production. Predictive. Inspection. Sensors.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva tem como seu principal pilar indicar as condições reais dos equipamentos, observando através de dados o seu desgaste ou processo de degradação dos componentes. Com o desenvolvimento da manutenção, houve a necessidade de melhores equipamentos de medição e controle, para que tivessem melhor diagnóstico na inspeção.

A inspeção em sua concepção é feita em períodos definidos, que tem como base uma pessoa realizar essas medições in loco, sendo trabalhoso e burocrático. Com a indústria 4.0 trazendo consigo a “*Internet of Things*” (internet das coisas), onde os métodos, os equipamentos e outros utensílios estão conectados a uma rede de computadores que facilitam no diagnóstico em tempo real e estruturado, fez com que a manutenção preditiva se integrasse ao novo movimento, obtendo assim um sistema de detecção de falhas sem fio e conectados a uma rede, passando de uma inspeção que acontece entre períodos definidos para uma rede que propõe gráficos evolutivos e alertas em tempo real de desgaste, maior previsibilidade do componente, confiabilidade e tomadas de decisões mais embasadas, tendo dia, hora, minuto e segundo do desgaste, ruído, vibração excessiva que apareceu.

As empresas vêm demonstrando interesse em sistemas de detecção de falhas, principalmente em motores, equipamento esse responsável por acionar um sistema nos variados tipos de produção. Com isso, a instalação de sensores sem fios interligados a uma rede que consegue captar vibração, corrente do motor e análise de temperatura, melhorando assim a detecção de falhas mecânicas, trazendo melhoras significantes ao processo de inspeção e manutenção.

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar os benefícios da inspeção preditiva através de sensores sem fio em motores no processo de inspeção. Já como objetivos específicos, destacam-se: promover pesquisa científica sobre o desenvolvimento da manutenção na indústria, mostrar os tipos de manutenção e a importância da inspeção preditiva e apresentar as vantagens e as desvantagens da aplicação de sensores usando a tecnologia sem fio para captação e monitoramento de motores em tempo real e online para conseguir ilustrar como o sensoriamento pode prever a quebra dos componentes que fazem parte da estrutura dos motores, como rolamentos, retentores e fases.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

No que diz respeito à metodologia da pesquisa, convém frisar que esta foi apresentada em forma de revisão bibliográfica a fim de buscar conhecimentos teóricos aprofun-



dados sobre a análise de inspeção de motores na manutenção no período entre 2000 e 2021. Fez uso também de artigos, teses, livros, revistas e redes eletrônicas das principais concepções relacionadas ao tema com objetivo de robustecer as informações e dados apresentados.

2.2 Resultados e Discussão

Desde o princípio da civilização, formas simples de manutenção já eram observadas. De uma conservação a um objeto, até mesmo pequenas atividades de reparo. Mas, foi apenas com a Revolução Industrial do século XVIII que a função manutenção surgiu na indústria, como forma de confirmar a continuidade do trabalho. O próprio operador da máquina era responsável pela sua manutenção, e era treinado para realizar esses diversos reparos (WIREBSK, 2007).

Segundo Filho (2008), o cenário da produção e manutenção praticadas pelo próprio operador prevaleceu até a I Guerra Mundial, onde as linhas de montagem iniciaram a demanda por sistema de manutenção mais dedicadas e eficientes, principalmente para mais a frente fossem caracterizadas como manutenção corretiva.

Mesmo nas indústrias tendo pessoas responsáveis pela manutenção, estes ainda eram responsáveis pela operação das máquinas e executavam manutenção corretiva emergencial, gerando indisponibilidade nos equipamentos. Somente após a II Guerra Mundial e com a precisão de manutenções mais enxutas, foi que se iniciou a prática de controle das máquinas com base no tempo, o que hoje é conhecida como manutenção preventiva (FILHO, 2008).

Com o crescimento das ocorrências de manutenção, assim como também altos gastos com materiais para reposição, conduziram as empresas a desenvolver o setor, entre as décadas de 40 e 50, planejamento e gestão da manutenção (CAMPOS JÚNIOR, 2006). A base no controle e prevenção de falhas começou a fazer parte da rotina das equipes de manutenção, trazendo bons resultados como o aumento da confiabilidade do equipamento e saúde e segurança para o empregado (FILHO, 2008).

De acordo com Moraes (2004), essa evolução da manutenção resume-se em 3 gerações:

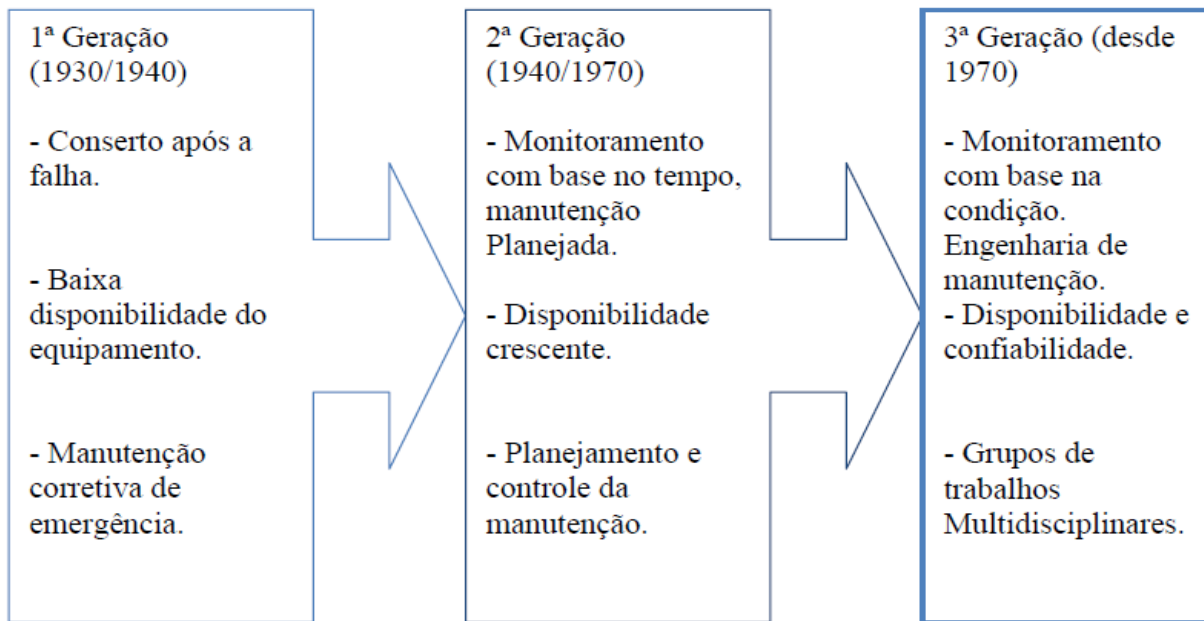


Figura 01 - Etapa da Evolução da Manutenção
Fonte: MORAES, 2004.

O foco no controle e prevenções de falhas passou a fazer parte da rotina da equipe de manutenção, o que trouxe bons resultados quanto ao aumento de confiabilidade e disponibilidade de máquinas e equipamentos. Mas ainda assim, as interrupções frequentes e os custos gerados pelas manutenções, tiveram consequências ruins na produtividade, o que afetou no custo dos produtos. Com o avanço tecnológico e com a divulgação dos computadores, ocasionou renovação para controle, medição e análise de falhas. Desta maneira, foram desenvolvidos os critérios de prevenção de falhas, por meio de controles estatísticos. Nestas condições, surgiu a área de Planejamento e Controle da Manutenção – PCM (FILHO, 2008).

Em meados a 1900, surgem as primeiras técnicas de planejamento nas manutenções. Durante a Segunda Guerra Mundial, quando ocorreu um grande desenvolvimento de técnicas de gestão, planejamento e controle, se estabeleceu como uma necessidade absoluta (VIANA, 2002).

Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) é de grande importância na obtenção dos objetivos da empresa, essencialmente aqueles interligados com a tática de produção. Este processo serve para que a produção alcance seus objetivos, logo, deve estar pertinente as suas necessidades. É um processo ordenado por ações organizadas com o objetivo de alcançar a meta (BRANCO, 2008).

Segundo Fernandes (2003), a união do Ciclo de Gerenciamento de Manutenção se faz pela prática de Planejamento, Programação e Controle da Manutenção (PCM), formada pelas seguintes atividades:

- Atualizar os planos de manutenção, abrangendo as rotinas de manutenção preventiva, inspeção, preditiva e lubrificação.

- Manter e controlar os registros das horas de máquinas paradas e as causas das avarias dos equipamentos;
- Vistoriar as Ordens de Serviço, associados aos planos de manutenção dos equipamentos e acompanhar a periodicidade;
- Acompanhar os planos de manutenção sistemática (inspeção, preditiva, preventiva e lubrificação) com as análises de falhas;
- Planejar e preparar os materiais sobressalente e ferramentas para execução dos serviços;
- Avaliar os serviços planejados, analisar as programações e *backlog*, homogeneizar a mão de obra e designar novas periodicidades para os serviços, conforme as análises de causas e dos desvios do planejamento;
- Construir um histórico técnico formado pelos equipamentos e suas instalações com os acontecimentos planejados e os imprevistos;
- Orientar os líderes para o alcance de melhores resultados quanto à disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos e a produção;
- Inteirar as equipes de profissionais da empresa para a organização da manutenção e o engajamento com os resultados (FERNANDES, 2003).

Se houver atividades de manutenção realizadas sem planejamento e máquinas ficarem avariadas com um tempo de reparo muito grande, corre-se o risco de prejudicar a empresa, pois irá impactar diretamente na produção e nos prazos de entrega ao cliente. E problemas como estes podem ser evitados se existir um bom e elaborado planejamento feito para as atividades (BRANCO, 2008).

Para que os objetivos da manutenção sejam alcançados, diversas ferramentas na área de planejamento e administração de manutenção são utilizadas. A forma que é realizada a intervenção nos equipamentos, define os diversos tipos de manutenção. Existem várias designações para identificar a representação da manutenção, o que ocasiona uma certa desordem na caracterização mais determinada nos tipos de manutenções que serão ditos em seguida (KARDEC; NASCIF, 2009).

Por essa razão, a importância de uma definição mais direta, uma vez que, independentemente das denominações, todos se intercalem a um dos 5 tipos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

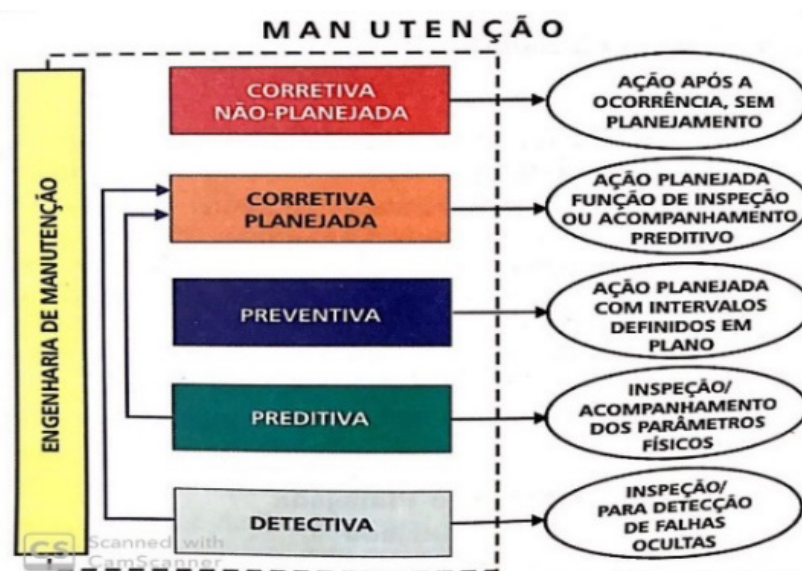


Figura 02 – Tipos de Manutenção
Fonte: KARDEC; NASCIF, 2009.

A figura 02 mostra dos tipos de manutenção estipulados pela engenharia da manutenção e como elas estão interligadas.

Entende-se por manutenção corretiva a modalidade mais antiga de manutenção, também conhecida como manutenção reativa. Surgiu em meados do século XIX durante a Revolução Industrial. Naquela época, manufaturas feitas artesanalmente passaram a ser fabricadas com máquinas, o que quebrava com um certo tempo e o próprio operador realizava a manutenção no ato da quebra (FILHO, 2008).

Manutenção Corretiva é a ação para o conserto da falha do equipamento, mas não necessariamente é uma manutenção de emergência. Têm-se duas situações distintas que ocasionam a manutenção corretiva, que são o equipamento apresentar falhas ou desempenho defeituoso notado pela operação.

No entanto, ainda que a manutenção corretiva represente altos custos para a gerência, é importante frisar que esta objetiva a recuperação do estado normal do equipamento a fim de atender a imediatidade da produção, podendo ser dividida em dois tipos: corretiva não planejada e corretiva planejada (KARDEC; NASCIF, 2009).

A Preventiva é uma manutenção contrária da corretiva, pois busca evitar as falhas, isto é, prevenir-se. É a operação executada para diminuir/evitar a falha ou quebra dos equipamentos, seguindo um plano planejado antecipadamente, em intervalos de tempos pré-definidos. A mesma será mais apropriada quando maior for a facilidade de substituição, mais altos os custos de falhas, maiores prejuízos na produção e quanto maiores forem as consequências na segurança pessoal e operacional (KARDEC; NASCIF, 2009).

Segundo Kardec e Nascif (2009) os fabricantes nem sempre concedem dados necessários para os planos de manutenção preventiva, e também devido as circunstâncias operacionais e ambientais influenciarem na deterioração dos equipamentos, deve-se se estabelecer regularidade convencional para cada instalação, ou plantas parecidas operando também em situações também parecidas.

A manutenção preditiva consiste em acompanhar as máquinas ou peças, através de monitoramento, medições ou controle estatístico como forma de prognosticar a proximidade da quebra ou falha antecipando, portanto, o momento exato para a troca dos componentes mecânicos analisados por uma ação preditiva (VIANA, 2002).

Este tipo de manutenção trata-se de um meio de aprimoramento da produtividade, qualidade do produto, lucro e efetividade global da produção, uma vez que se utiliza de ferramentas mais eficazes e capazes de fornecer dados sobre a condição mecânica de cada equipamento determinando o tempo médio real para a falha.

Nesta mesma senda, Kardec e Nascif (2009) entendem que a adoção da manutenção preditiva exige um equipamento, sistema ou instalação apto a receber esse tipo de monitoramento ou medição e que também mereça esse tipo de ação, sobretudo em razão dos custos envolvidos. Além disso, as falhas devem ser provenientes de causas que possam ter uma progressão acompanhada para fins de análise e diagnóstico sistematizado.

Desde o princípio da inspeção de componentes mecânicos de motores, consiste em uma análise sensitiva, de vibração, isolamento, temperatura e ruído, que são feitas de diferentes formas e dispositivos diferentes. E o método utilizado pela manutenção preditiva requer muito tempo e é trabalhoso para que se faça todas as inspeções periódicas, deixando lacunas no espaço tempo que o motor possa apresentar uma falha. Portanto, o sensoriamento em motores é importante para identificar em tempo real e diagnosticar os sinais que o componente apresenta entre uma inspeção e outra.

Nas instalações industriais ou fábricas, ou qualquer atividade que pretende fabricar alguma coisa, necessita que tenha meios que permita produzir. Tais meios podem ser simples tesouras e agulhas, assim como conjuntos de componentes ou equipamentos de complexidade elevada, máquinas automáticas ou não, equipamentos simples como motores, bombas e ventiladores até conjuntos operando juntos e produzindo artigos dos mais complexos possíveis. Entretanto, existem casos que aparecem o problema do desgaste, quebras, enguiços, fraturas, rompimentos e mais uma grande quantidade de acidentes e incidentes que se observam durante a produção. Assim como uma simples tesoura precisa de ser reparada e afiada de tempos em tempos, já que o corte é perdido com a sequência de operações, as máquinas complexas apresentam desgaste parecidos, exigindo reparos e consertos em períodos que variam de conformidade com o equipamento e utilização. Por esses motivos, toda atividade produtiva exige inspeção e uma certa manutenção, sem que a produção entre em colapso (NEPOMUSENO, 2018).

Em mais de 2/3 das usinas nucleares de potência do mundo não possuem monitoramento online e em tempo real, sendo realizada manualmente por ronda e por frequência periódica (mensal, trimestral etc.). Em alguns casos, determinados motores são diretamente responsáveis por paradas forçadas de manutenção e por perdas de geração, que podem ultrapassar R\$ 3 milhões de reais por dia. Trazendo uma problemática onde torna necessário monitoramento em tempo real dos motores, a fim de minimizar as perdas (NAPOLITANO, 2019).

Na indústria 4.0, em que os equipamentos relativos ao processo de produção devem estar sempre disponíveis, a manutenção preditiva começa a desempenhar um papel estratégico dentro da empresa. Muitas vezes, a manutenção é confrontada com situações

em que a agilidade é muito importante na liberação do equipamento. Buscando minimizar as tentativas de paradas da planta, a detecção precoce das falhas nos equipamentos é uma necessidade presente nas indústrias (BALDISSARELLI e FABRO, 2019).

Com a inspeção de motores através de sensores, acaba tendo uma rede de componentes assistida, aumentando a confiabilidade e disponibilidade do equipamento, com mais acessibilidade e velocidade das informações e um maior tempo de reação, evitando situações mais severas com o componente ou equipamentos.

O sistema de detecção sem fio para motores industriais que combinam as medições de vibração, corrente elétrica e análise de temperatura, ajudam a melhorar detecção precoce de falhas mecânicas. Assim, consegue evitar danos irreversíveis ao motor, trazendo melhoras na produção, consequentemente diminuindo paradas em manutenção corretiva e com manutenção preditiva fidedigna (GARCIA et al, 2017).

A rede sem fio implementada usa como base a instalação de sensores nos motores, com intuito de sincronizar as informações em um controle onde é possível monitorar em tempo real com diferentes parâmetros a situação do motor conforme mostra a figura 03 (GARCIA et al, 2017).

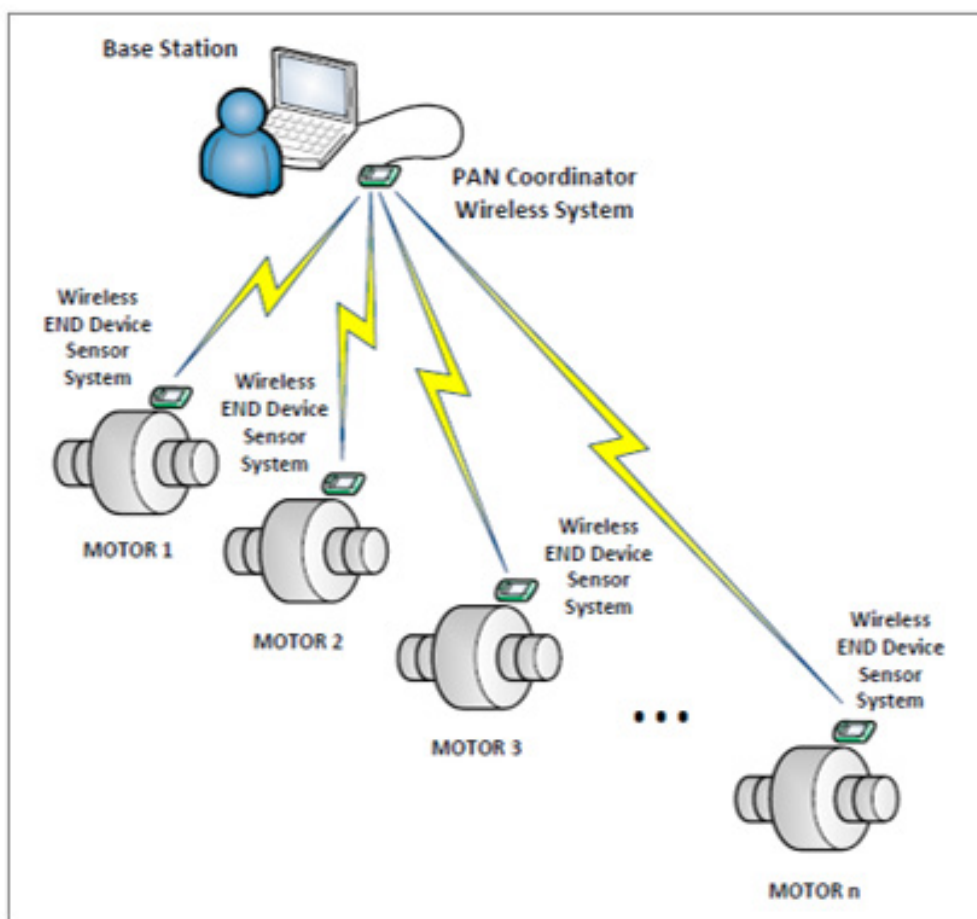


Figura 03 - Arquitetura concebida de sensores sem fios na rede.

Fonte: Garcia et al (2017, p. 03)

A utilização dos sensores traz um design compacto e um resultado muito confiável e barato, atingindo com a bateria de 3.3V/2600mAh um alto nível de autonomia de mais de dois anos, não havendo a necessidade rondas e troca dos sensores com frequência (GARCIA et al, 2017).

A instalação de um sistema de detecção de falhas de motores sem fios traz a versatilidade de arranjo entre vários componentes e equipamentos, ao contrário das redes cabeadas, que acabam lidando com problemas de avarias e rompimento de cabos.

Com a reestruturação do cenário, os sensores aplicados em motores mostram grande eficácia, trazendo informações e benefícios imediatos a manutenção preditiva, tornando a análise na inspeção mais concisa e mais confiável.

Os sensores Dynamox e Motor Scan instalados nas dependências da Vale – Ponta da Madeira, Mina de Viga e Mina de fábrica como mostra na figura 04 e 05 apresentaram melhora significativa no diagnóstico dos motores de pequeno porte (geralmente de carcaça IEC 63 a 350) que são de baixa e média tensão (VALE, 2021).



Figura 04 - Bombeamento do Prata e Monitoramento – Mina de Fábrica
Fonte: VALE (2021).

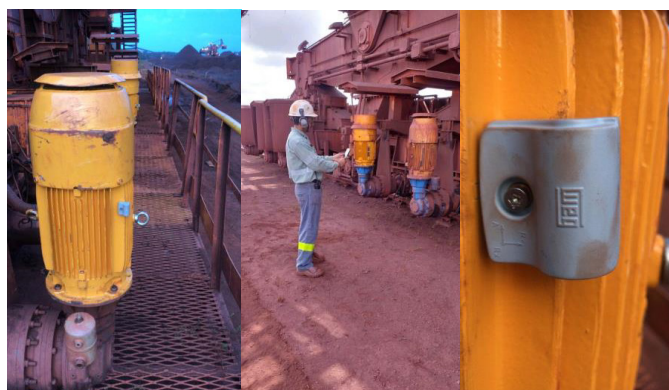


Figura 05 - Motores de translação - Porto Ponta da Madeira
Fonte: VALE (2021).

O dispositivo Dynamox apesar de precisar ter mais uma aplicação no motor para poder apresentar o que oferece, consegue com mais precisão informar qual dos rolamentos está apresentando anomalia e variabilidade da temperatura, podendo operar entre -10°C à 84°C, além de apresentar uma interface de fácil de interpretação e controle conforme imagens 06, 07 e 08, que são enviados pelo DynaPreditict (VALE, 2021).

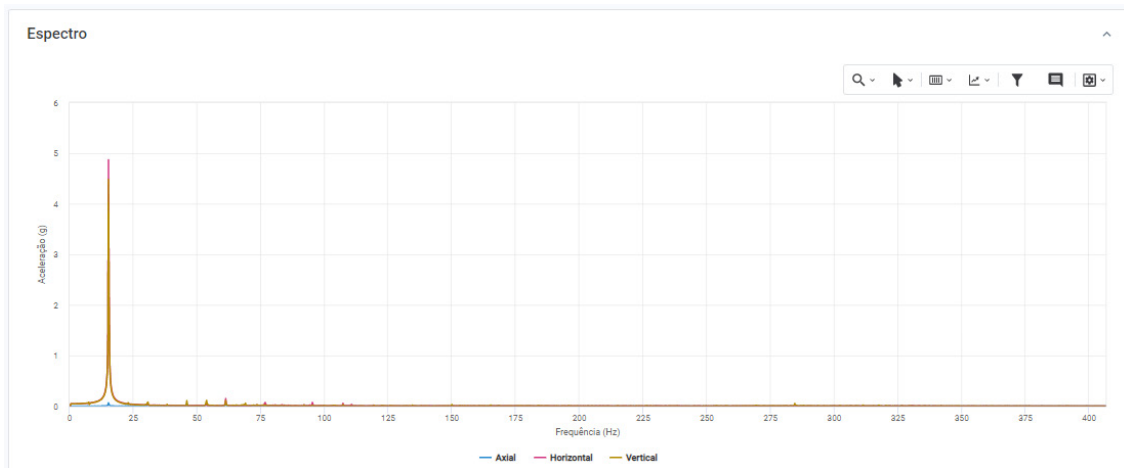


Figura 06 - Espectro de Vibração
Fonte: VALE (2021).

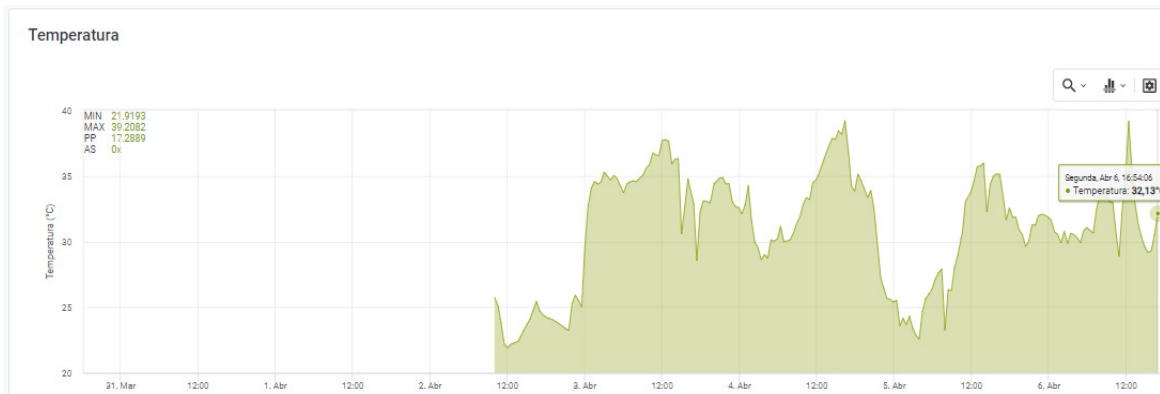


Figura 07 - Gráfico de temperatura
Fonte: VALE (2021).

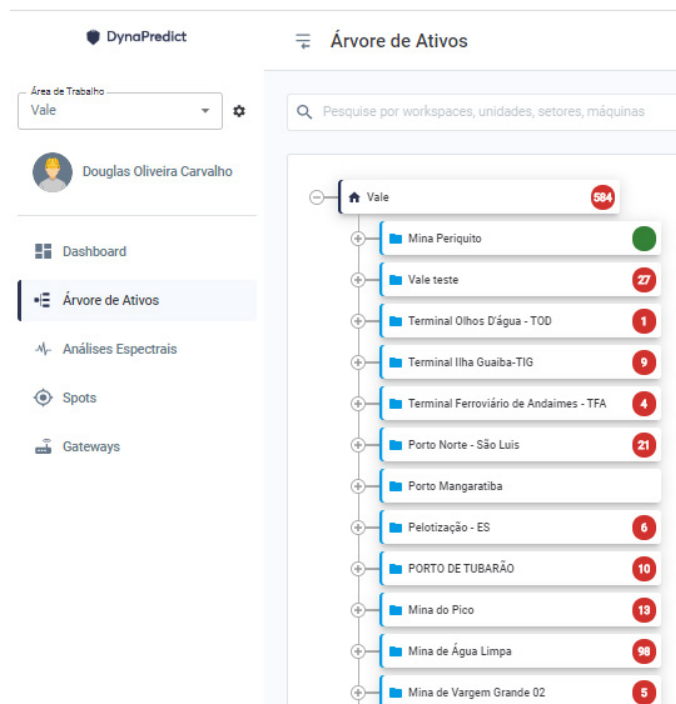


Figura 08 - Tela árvore dos ativos
Fonte: VALE (2021).

O dispositivo Motor Scan apresentou ser mais completo para análises de dados de mecânica e elétrica, sendo necessário somente um dispositivo no centro do motor, que não consegue informar precisamente qual dos rolamentos está apresentando anomalia, mas com o IA (Inteligência Artificial) com as variáveis específicas consegue identificar tal anomalia. Com o IA no dispositivo quando instalado passa pelo processo de aprendizagem de funcionamento do motor individualmente, com as variáveis aprendidas junto com a velocidade de rotação, potência e sobrecarga, consegue assim diagnosticar desbalanceamento de rotor e desalinhamento de polia/eixo, alerta de lubrificação dos mancais, diagnóstico de eficiência energética e diagnóstico temperatura da bobina. Essas informações são vitais para equipe de manutenção e que contribuem para uma vida útil elevada do motor e auxiliam muito nas análises de perfil de perdas ou em análise de falha de queimas prematuras. O dispositivo pode operar entre -40°C até 85°C e ser instalado em motores de categoria T4, isto é, temperatura superficial da máquina até 135°C (VALE, 2021).

Na plataforma é possível setar alarmes de onde saíam disparos para cliente informando que tal equipamento está apresentando algum tipo de anomalia baseado nas leituras feitas como mostra nas figuras 09 e 10.

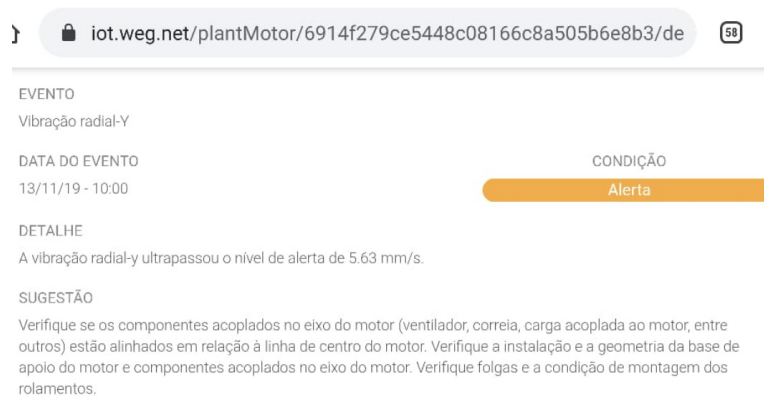


Figura 09 - Tela plataforma OIT-Weg - Alarme
Fonte: VALE (2021).



Figura 10 - Variáveis medidas e Alarme por e-mails.
Fonte: VALE (2021).

Com os sensores pode haver a captura de informações que parametrizados corretamente conseguem converter em dados que ajudam na definição da melhor estratégia de manutenção, podendo ser ela corretiva ou preventiva e trazendo projeções para controle

estatístico como forma de prognosticar a proximidade da quebra ou falha, portanto, o momento exato para a troca dos componentes mecânicos dos motores ou do motor (VIANA, 2002).

3. CONCLUSÃO

Perante tudo o que foi descrito ao decorrer deste artigo, pode-se afirmar que a manutenção foi muito importante para desenvolvimento da indústria, ajudando na melhoria contínua dos processos e elevando os níveis de estratégia das empresas na disponibilização de materiais e insumos.

Os variados tipos de manutenção demonstram o quanto a estratégia da manutenção pode ser destrinchada, a fim de obter melhores resultados e melhor performance dos equipamentos, tendo a manutenção preditiva e a inspeção partes importantes para que a indústria consiga se planejar e definir melhor essa estratégia.

Dentre as variadas formas de inspeção para auxiliar a manutenção preditiva, o sensoriamento sem fio vem se tornando recurso mais viável para ser utilizado nos processos industriais, a fim de ter menos cabeamento, respostas mais rápidas e base de dados consolidadas, ajudando no planejamento da manutenção e evitando quebras repentinas de componentes e equipamentos.

Diante do exposto, pode-se confirmar que sensoriamento sem fio utilizado na inspeção junto com o planejamento da manutenção aumenta a confiabilidade dos equipamentos, com indicadores mais confiáveis que facilita o acompanhamento do equipamento para identificar possíveis falhas e oportunidades de melhoria no processo.

Referências

- BALDISSARELLI, Luciano. FABRO, Elton. **Manutenção Preditiva na indústria 4.0**. Disponível em: <http://ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/6835>. Acesso em: 28 de abril de 2021.
- BRANCO, Renata. **Sete ferramentas para controle da qualidade na produção ena manutenção**. Disponível em: <http://www.manutençãoesuprimentos.com.br/Manutenção/>. Acesso em: 16 de outubro de 2021
- FERNANDES, Marcelo Costa. Como aumentar a disponibilidade das máquinas e reduzir custos de manutenção. **Máquinas e Metais**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.316-329, abr. 2003.
- FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Disponível em: <http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf>. Acesso em: 11 de outubro de 2021.
- GARCIA, Jonathan Medina. *et al.* **A Wireless Sensor System for Real-Time Monitoring and Fault Detection of Motor Arrays**. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/3/469>. Acesso em: 28 abril. 2021.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MORAES, Paulo Henrique de Almeida. **Manutenção Produtiva Total**. Estudo de caso em uma empresa automobilística. Taubaté, UNITAU, 2004.

NAPOLITANO, Olívio da Conceição. **Estudo de viabilidade para a utilização da tecnologia wireless no monitoramento de condições operacionais de motores em usinas nucleares**. Disponível em: <http://www.con.ufrj.br/wp-content/uploads/2019/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Olivio-Napolitano.pdf>. Acesso em: 27 abril. 2021.

NEPOMUSENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2018. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt=-BR&lr=&id=Si7qDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=P1A&dq=manuten%C3%A7%C3%A3o+preditiva&ots=WD7FZWICY1&sig=5InGzBhHBKVuiFVNxw-TSIRXMEA#v=onepage&q=manuten%C3%A7%C3%A3o%20preditiva&f=true>. Acesso em: 27 de abril de 2021.

VALE. Estudo de dispositivo de monitoramento preditivo em motores elétricos. Maranhão: VALE, 2021.

VIANA, Herbert R. G. **Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2002.

WYREBSK, J. **Manutenção Produtiva Total**. Um Modelo Adaptado. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

CAPÍTULO 25

ANÁLISE DO SISTEMA DE TURBO COMPRESSOR EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

*ANALYSIS OF THE TURBO COMPRESSOR SYSTEM IN INTERNAL
COMBUSTION ENGINES*

Carlos Henrique Salazar Moreira¹

Lucas Cuevas²

1 Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Os motores a combustão interna usados nestes automóveis utilizam a combustão de um determinado combustível junto ao ar ambiente para transformar a energia calorífica contida no mesmo, em movimento. Com a modernização destes motores, sempre buscando mais eficiência, surgiram os turbocompressores, que são equipamentos que comprimem o ar e conseguem jogar uma maior quantidade de oxigênio na mistura com o combustível. Para reduzir o consumo de combustível foi adicionado um turbo compressor nos motores, com o objetivo de ampliar seu rendimento mecânico. Com uma maior demanda desse equipamento, maior deve ser a atenção para a manutenção do mesmo, pois seu conjunto rotativo é submetido a condições extremas de rotação. Qualquer falha gerada na lubrificação pode originar desgastes prematuros ao conjunto rotativo. O estudo tem como objetivo propor uma solução para testes em turbocompressores, após a realização de reparos mecânicos no seu conjunto rotativo, já que esses testes normalmente são realizados nos motores nos quais o turbo é instalado, apresentando uma proposta de bancada para ensaio em turbos compressores, permitindo a validação do reparo realizado antes da instalação no veículo. Este dimensionamento está levando em consideração a situação de aplicação do produto, garantido a validação dos testes, tanto no aspecto referente a segurança, quanto a eficiência do turbo compressor.

Palavras-chave: Turbo Compressor. conjunto rotativo. motores a combustão interna. manutenção.

Abstract

The internal combustion engines used in these cars use the combustion of a certain fuel together with the ambient air to transform the calorific energy contained in it, in movement. With the modernization of these engines, always looking for more efficiency, turbochargers emerged, which are equipment that compress the air and manage to throw a greater amount of oxygen into the mixture with the fuel. To reduce fuel consumption, a turbo compressor was added to the engines, with the aim of increasing their mechanical performance. With a greater demand for this equipment, greater attention must be paid to its maintenance, as its rotating assembly is subjected to extreme rotation conditions. Any failure generated in the lubrication can cause premature wear to the rotating assembly. The study aims to propose a solution for testing turbochargers, after performing mechanical repairs on its rotating set, since these tests are usually performed on engines in which the turbo is installed, presenting a bench proposal for testing on turbo compressors. , allowing the validation of the repair carried out before installation on the vehicle. This dimensioning is taking into account the situation of application of the product, guaranteeing the validation of the tests, both in terms of safety and the efficiency of the turbo compressor.

Keywords: Turbo Compressor. rotating set. internal combustion engines. maintenance.

1. INTRODUÇÃO

Os motores de combustão interna foram concebidos e desenvolvidos no final do século 19 e são considerados uma das mais importantes invenções da humanidade devido à sua aplicação em diversos setores da vida moderna.

O constante desenvolvimento do motor turbo ao longo de mais de 100 anos, torna possível prever-se que o futuro dos motores à combustão interna esteja cada vez mais ligado ao turbo, pois esse equipamento permite o desenvolvimento de motores cada vez menores e, ao mesmo tempo, mais potentes.

O estudo de máquinas rotativas ocupa uma posição destacada no contexto de máquinas e estruturas em vista da significativa quantidade de fenômenos típicos na operação desses equipamentos. A existência de um componente rotativo apoiado em mancais e transmitindo potência cria uma família de problemas que são encontrados nas mais diversas máquinas: sejam compressores, turbinas, bombas, motores, turbinas de grande e pequeno porte.

Dentro do contexto de máquinas rotativas, irão se destacar os turbocompressores que, segundo Mecabô (2007), sua concepção relativamente simples trouxe como consequência a alta confiabilidade e a elevada relação potência/dimensão, que são algumas das características fundamentais responsáveis pela popularização do uso das turbos máquinas.

Antes associado apenas à melhoria de desempenho, o turbocompressor, ou simplesmente turbo como é mais conhecido, tornou-se um importante aliado em ganho de eficiência para motores de combustão. Uma das maneiras de se obter mais potência de um motor é aumentar a quantidade de ar e de combustível para a queima. Uma forma de se fazer isso é adicionando cilindros ou tornando maiores os cilindros existentes. Um turbocompressor é composto por dois elementos principais, um compressor de ar centrífugo e uma turbina centrípeta.

O princípio básico de funcionamento tem como ponto de partida a formação de uma cunha ou filme de lubrificante entre as superfícies em movimento relativo do mancal e do eixo do sistema. A turbina utiliza a energia cinética oriunda dos gases de escape do motor para acionar o compressor. Esta, por sua vez, através de um eixo, transfere esta energia ao compressor localizado na admissão do motor. Ao atingir determinada rotação e carga, o compressor começa a gerar pressão positiva no coletor de admissão. Ou seja, ele aumenta a massa de ar que o motor admite por ciclo, fazendo isso ao comprimir o ar.

Entretanto, esta compressão do ar, o faz aquecer (e muito). Com o ar quente, a densidade do oxigênio diminui. E toda a potência de um motor é gerada basicamente da mistura de combustível e oxigênio. Dado este problema, do desenvolvimento de sistemas super alimentados criou-se o dispositivo chamado de "Intercooler", que nada mais é do que um radiador que resfria o ar entre o compressor e a admissão, aumentando novamente a quantidade de oxigênio (ou sua densidade).



O desenvolvimento desse artigo se justifica por reconhecer a importância do auxílio do turbocompressor para adicionar potência para o motor. Assim partir da análise dos parâmetros pré-estabelecidos e de suas técnicas, melhora o funcionamento nas máquinas rotativas. Assim, é possível reduzir as falhas operacionais e manutenções corretivas não planejadas.

A elaboração deste estudo, vem possibilitar o conhecimento necessário para planejamento de programas futuros no desenvolvimento de potência nos motores de combustão interna e na relação de conhecimento no equipamento.

O objetivo geral desse artigo é apresentar os conceitos e as metodologias do princípio de funcionamento das turbinas em máquinas rotativas para diagnosticar possíveis defeitos ou falhas antes de suas ocorrências. Quanto aos objetivos específicos, foram definidos: apresentar e explicar os tipos de turbocompressores que definem a turbina como sendo um dispositivo que desenvolve potência em função da passagem de um gás ou líquido escoando e se expandindo através de uma série de pás colocadas em um eixo que se encontra livre para girar.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

O presente trabalho foi realizado uma revisão de literatura. Assim, seguindo o método definido para construção textual deste trabalho, a pesquisa foi pautada em livros de referência, artigos e diversos materiais acadêmicos e científicos relativos à temática e disponíveis em bases de dados eletrônicas Google Acadêmico, tem objetivo de aprofundamento de conhecimento na área de motores de combustão interna e aumento de potência.

No presente trabalho, os dados utilizados relativos ao turbocompressor foram coletados junto à bibliografia fornecida pelo fabricante da máquina. Esses valores são responsáveis pelas medidas dimensionais da turbo máquina e pelos valores de energia e rotação do sistema.

O mancal hidrodinâmico presente no interior do turbocompressor, também possui suas dimensões e características pré-definidas, no entanto, para o turbocompressor selecionado, as dimensões não foram fornecidas. Logo, as dimensões foram estimadas através de uma relação de proporção entre um mancal de um turbocompressor maior e o do presente trabalho.

Através de literaturas valores não fornecidos, como o de condutividade térmica, serão pré-definidos de acordo com as condições ambientes e considerados iguais para todos os lubrificantes analisados. A partir de equações da conservação de massa, movimento e energia será possível avaliar a dissipação viscosa no mancal do eixo a partir do lubrificante. A forma de aplicação de fluido lubrificante no turbocompressor, será avaliada de duas maneiras e os dados serão comparados analiticamente em função da rotação em cada

caso. A primeira opção de aplicação de fluido lubrificante será a normal, ou seja, utilizando o mesmo sistema de lubrificação do restante do motor.

Os principais autores utilizados foram: ALVES, D S (2011) ; JUVINALL, R, C.; MAR-SHEK, K, M. (2008); FERGUSON, J. H.,YUAN, J. H., MEDLEY, J. B. (1998) dentre outros.

Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa. Em se tratando de abordagem quantitativa, explica que é focada na objetividade, e recorre à linguagem matemática para delinear as causas de um fenômeno e a relações entre elementos. O autor acrescenta que este tipo de pesquisa é utilizado em estudos exploratórios e descritivos, como esse trabalho.

2.2 Resultados e Discussão

O princípio de funcionamento é baseado na variação da secção de passagem dos gases de escape, provocada por um conjunto de aletas moveis, fixadas a carcaça da carcaça quente que ao se movimentarem alteram a velocidade e o ângulo de incidência dos gases sobre as pás do rotor turbina o turbocompressor é um componente que regenera parte da energia cinética e térmica que seria desperdiçada nos gases de escape aumentando assim a quantidade de ar que entra no motor e por consequência a sua potência e eficiência. Um turbocompressor típico pode ser dividido em duas partes: uma chamada de câmara fria, e a outra de câmara quente.

2.2.1 O turbocompressor

O turbo ou turbocompressor é um sistema que envia mais oxigênio para o motor para que misture com o carburante. Está sobre alimentação provoca um aumento da combustão que gera um importante aumento de potência no veículo. Trata-se de um sistema que, hoje em dia, está presente na maioria dos motores diesel e ocasionalmente em alguns veículos a gasolina.

Segundo Figueiredo (2013), o turbocompressor é um componente que regenera parte da energia cinética e térmica que seria desperdiçada nos gases de escape aumentando assim a quantidade de ar que entra no motor e por consequência a sua potência e eficiência. Um turbocompressor típico pode ser dividido em duas partes: uma chamada de câmara fria, e a outra de câmara quente. Na câmara fria, está o compressor e todas as parte que auxiliam o seu funcionamento e recebe este nome por trabalhar em temperatura mais baixa. Normalmente é composta por material mais leve, como o alumínio, por não requerer resistência à temperatura, somente à pressão. Na câmara quente, encontra-se a turbina e seus mecanismos auxiliares. É chamada de quente por estar em temperatura muito superior a fria, pois recebe os gases de exaustão do motor. Portanto, deve ser mais espessa e ser composta por material mais resistente às altas temperaturas, como o ferro fundido que é largamente utilizado nessas condições.

Um turbocompressor é composto por seis elementos principais. Todos são imprescindíveis e sem eles o turbo não funcionaria no seu conjunto.

- a turbina
- o eixo coaxial
- o compressor
- a válvula de descarga
- a válvula de alívio
- o intercooler

A turbina é a chave do turbo: os gases de escape fazem-na girar e enviar o ar através do eixo viam coaxial até ao compressor. Esta peça tem a forma de um caracol que vai ficando mais estreito, pelo que o ar é introduzido à pressão nos cilindros. Aqui encontramos duas válvulas: a de descarga (ou wastegate) regula os gases que enviam para o tubo de escape: a de alívio serve para prolongar a vida útil da turbina.

Por último, o intercooler encarrega-se de esfriar o ar comprimido no turbo já que, com o aumento da temperatura, ocupa mais volume. Existem diversos tipos de intercooler, dependendo do método utilizado para esfriar o ar.

Hoje em dia com as novas leis de emissão de poluentes, para os motores ciclo diesel não seria possível atingir as metas estabelecidas sem um turbocompressor, além de proporcionar potência e uma significativa diminuição de consumo de combustível.

Uma das outras vantagens do turbocompressor é seu custo/benefício altamente vantajosa quando comparado a uma preparação convencional. Quando se fala em custo/benefício se fala em quanto se gasta para atingir uma determinada potência específica (é a relação potência/cilindrada) para um determinado motor. Por exemplo, atingir uma potência em torno de 280/300 CV em um motor 2 litros, o turbo custa menos da metade do que atingir a mesma potência em um motor aspirado. Sem contar que um motor turbo a este nível ainda daria condições de ser utilizado em um carro de rua sem grandes transtornos (acima de determinadas potências específicas só com turbo).

2.2.2 Elementos do turbocompressor

Um turbocompressor típico é constituído por uma turbina e um compressor ligadas por um eixo que é suportado por dois mancais hidrodinâmicos. Equipamentos auxiliares podem ser adicionados visando melhorar a performance ou a segurança do turbocompressor. Dentre estes equipamentos, destacam-se as válvulas reguladoras de pressão e as de alívio e os manômetros.

Moran e Shapiro (2008), definem turbina como sendo um dispositivo que desenvolve potência em função da passagem de um gás ou líquido escoando e se expandindo através de uma série de pás colocadas em um eixo que se encontra livre para girar. A turbina do turbocompressor estudado, é movida pela expansão da mistura gasosa que deixa o motor e o trabalho gerado por ela deverá ser o suficiente para atender à demanda do compressor. (MORAN e SHAPIRO, 2008)

Compressor é um dispositivo no qual o trabalho é realizado sobre o fluido em escoamento ao longo do mesmo de forma mudar o estado do fluido, normalmente aumentar a pressão. O termo Compressor é usado quando a substância é um gás. (MORAN e SHAPIRO, 2008). O compressor de um turbocompressor tem a função de utilizar o trabalho gerado pela turbina para elevar a pressão do gás.

A válvula reguladora de pressão limita a pressão máxima no coletor de admissão. Em um carro onde se deseja uma longa vida útil utilizamos válvulas que desviam o ar antes de entrar na turbina. Em consequência disso, a pressão do turbo é limitada indiretamente pela sua rotação, ou seja, quando a pressão no coletor chega no máximo, a válvula começa a desviar o ar excedente que sai do coletor de escape para a atmosfera ao invés de entrar na turbina, caso contrário, este componente iria girar ainda mais rapidamente, elevando assim, a pressão de admissão (FIGUEIREDO, 2013). Uma válvula de pressão do tipo wastegate.

3. CONCLUSÃO

Para a correta seleção de um turbocompressor, é necessário saber os principais mecanismos que causam decréscimo na adição de potência, que é a função principal de um deste.

Além da eficiência fornecida pelo fabricante, que é o principal fator de perda, a perda de potência por dissipação viscosa também mostrou resultados elevados.

Observou-se que para maiores rotações a perda de potência devido à dissipação viscosa foi mais acentuada. Além disso, na análise feita, o caso mostrou uma redução na perda de mais de 50%, o que é bastante significativo e comprova ser viável a incorporação do sistema independente de lubrificação para o turbocompressor, levando-se em conta, principalmente, o desempenho do sistema

Os valores encontrados se mostraram muito sensíveis à mudança do óleo lubrificante e da espessura do filme de óleo, o que se deve ao fato de um turbocompressor trabalhar com velocidades altíssimas. Isso comprova que uma análise minuciosa dos parâmetros é de grande importância para a obtenção de resultados significativos.

Como proposta de projetos futuros, pode-se investigar mais profundamente a influência da espessura do filme de óleo lubrificante na perda de potência do motor, bem como a influência do grau de abertura da válvula wastegate do sistema turbocompressor.



Referências

ALVES, D S. **Investigação do Efeito Térmico no Comportamento Dinâmico de Mancais Hidrodinâmicos**. 2011. 159 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

ANTONIC, Z., NIKOLIC, N., RADOMIROVIC, D. 2011. On the influence of a pin type on the friction losses in pin bearings, **Mechanism and Machine Theory**, Vol 46, pp. 975-985.

ÇENGEL, Y. A., GHAJAR, A.J. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática**. 4. Ed. São Paulo: AMGH Editora, 2011.

GRESH, M. Theodore. **Compressor performance: aerodynamics for the user**. 2nd ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2001. 203 p.

JUVINALL, R, C.; MARSHEK, K, M. 2008. **"Fundamentos do Projeto de Componentes de Máquinas"**. 4º ed., Editora LTC.

CAPÍTULO 26

SISTEMAS DE AMORTECIMENTO VISCOSO E COULOMB EM MÁQUINAS OPERATRIZES

VISCOUS AND COULOMB DAMPING SYSTEMS IN POWER MACHINES

Ronaldo da Silva Oliveira¹

¹ Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

Resumo

As máquinas operatrizes usadas hoje em dia têm diversas vertentes, sistemas e protocolos de operação. Uma problemática que sempre existiu é o problema das vibrações que são causadas pelas operações dessas máquinas, com o passar do tempo vários meios e métodos foram criados para amenizar ou diminuir as consequências geradas por essas vibrações, então estuda-se os sistemas de amortecimento, viscoso, por histerese e coulomb, esse trabalho em especial trata de apenas dois, e o que causam nas máquinas operatrizes, como se sucedem e como se comportam, uma das formas da análise por esse artigo abordadas foi a dissertativa argumentativa, primeiramente se trata dos históricos dos maquinários operatrizes que evoluíram com o passar do tempo, as máquinas que tomam por exemplo e ação os dois sistemas de amortecimento. Os dois sistemas de amortecimentos também são extremamente necessários para a melhor concepção do entendimento, logo, o sistema viscoso e coulomb, tratam de dois sistemas distintos que caminham lado a lado, um trabalha a seco e outro lubrificado ou não, visto que os fluidos podem ser gases também. A aplicação desses dois sistemas em máquinas operatrizes, são amplamente abordadas, e duas máquinas fazem a função de exemplificar, torno mecânico para sistema de amortecimento coulomb e furadeira radial para sistema de amortecimento viscoso, como se procede sua reação vibratória e como os sistemas agem a fim de minimizar a amplitude geradas por essas vibrações.

Palavras-chave: Máquinas. Vibração. Operações.

Abstract

The machine tools used today have different aspects, systems and operating protocols. A problem that has always existed is the problem of vibrations that are caused by the operations of these machines, over time several means and methods have been created to alleviate or reduce the consequences generated by these vibrations, so the damping systems are studied, viscous, by hysteresis and coulomb, this work in particular deals with only two, and what they cause in machine tools, how they succeed and how they behave, one of the forms of analysis addressed by this article was the argumentative essay, first it is about the historical from the machine tools that have evolved over time, the machines that take the two damping systems for example and action. The two damping systems are also extremely necessary for a better understanding of the concept, so the viscous and coulomb systems are two distinct systems that go hand in hand, one works dry and the other lubricated or not, since the fluids can be gas too. The application of these two systems in machine tools are widely discussed, and two machines serve as an example, mechanical lathe for coulomb damping system and radial drill for viscous damping system, how their vibratory reaction proceeds and how the systems act at order to minimize the amplitude generated by these vibrations.

Keywords: Machines. Vibration. Operations.

1. INTRODUÇÃO

A humanidade sempre usou de artifícios de construção para elaborar seus equipamentos, seus utensílios e suas peças de trabalho, desde sempre, a busca por fazer com que equipamentos fizessem os trabalhos que eram feitos artesanalmente, isso nos leva aos primeiros protótipos de tornos mecânicos, por volta do século XIX, onde começava a se desenhar uma indústria que já na época se fazia muito necessária e hoje é essencial e indispensável, a metalúrgica, a naval, aero espacial, são muitas ordens que dependem das máquinas operatrizes. Essas criações que vieram ao mundo há muito tempo atrás trouxeram com o tempo modernidades e atualizações as tornam muito mais versáteis para todo ou quase todo tipo de trabalho dentro daquele nicho da mecânica, que por sua vez está presente em muitos aspectos da esfera da vivência e necessidade humana.

Por outro lado, essas máquinas modernas geram, em sua operação, algumas reações pelo simples fato de ser acionado, um desses, são os fenômenos vibratórios, que são uma reação natural de qualquer componente que tenha atrito entre si, junto disso, há os sistemas de amortecimento, muito presentes e abrangentes estudos, os sistemas viscoso, histerético e coulomb, que estão presentes nos sistemas de máquinas operatrizes tanto para efeito de estudo de caso quanto para a finalidade de diminuir ou amenizar as ondas de ressonância causadas pelas vibrações dessas máquinas.

A análise de vibrações é uma importante ferramenta nos processos de manutenção em máquinas e equipamentos. Com ela, torna-se possível prever e controlar problemas no desempenho de máquinas e equipamentos, assim como identificar peças que precisem ser trocadas. Dessa forma, busca-se elucidar: Qual a eficiência prática da aplicabilidade de sistemas viscosos em máquinas operatrizes? O objetivo geral do presente estudo visa analisar a eficiência da aplicabilidade de dois diferentes tipos de manutenção em equipamentos mecânicos, suas características e vantagens uma em relação a outra.

O atual trabalho trata-se de uma Revisão Bibliográfica qualitativa descritiva, onde serão utilizados artigos científicos e dissertações publicadas no período de 2012 a 2019 nas áreas de Engenharia Mecânica e áreas complementares. Serão utilizados os bancos de dados Google Acadêmico, Repositório Digital da UFPE, Biblioteca Digital – Universidade de Brasília para composição de base teórica para o presente trabalho.

2. ANÁLISES VIBRACIONAIS: CONCEITOS E APLICAÇÕES

Durante a década de 50, houve um grande aumento na mecanização industrial, onde nesse contexto surgiram as primeiras indagações a respeito do tempo de vida útil dos novos equipamentos que estavam surgindo, na história da manutenção, as técnicas criadas nessa época correspondem a segunda geração de tipos de manutenção. Visto que mais gastos seriam dispendidos para troca de maquinários quebrados, planos foram sendo elaborados para a criação de manutenções periódicas capazes de avaliarem possíveis problemas iniciais, e assim terem tempo de resolver antes de se tornarem maiores, assim como preverem o tempo útil dos equipamentos utilizados. Foi assim sendo desenvolvida

a hoje chamada de Manutenção Preventiva (GONÇALVES, 2016).

Tendo isso em vista, a utilização da análise vibratória como técnica a ser aplicada junto as averiguações periódicas da manutenção preventiva possui grande valia, visto que esta tem a capacidade de perceber falhas iniciais antes mesmo de se tornarem um problema, evitando uma maior logística para a manutenção futura. Juntamente de outras avaliações dentro da manutenção preventiva, permite analisar o rendimento e qualidade dos equipamentos em que essas técnicas são aplicadas (GONÇALVES, 2016). O comportamento vibratório pode revelar muitos detalhes sobre o funcionamento de um equipamento, como descreve Marques (2019), que seja através de comparações com vibrações normais e anormais, até a detecção de desalinhamento, desbalanceamento, falhas e folgas em rolamentos, problemas nos motores, dentre outros.

Segundo Rao (2009), qualquer movimento que se repita após um intervalo de tempo pode ser denominado vibração. Uma massa suspensa acoplada a uma mola presa a um referencial, que se desloca da sua posição inicial até um limite superior e inferior, retornando a sua posição original é um sistema vibratório simplificado. Este movimento é considerado um ciclo de oscilação completo e o tempo gasto para completar um ciclo é denominado período. A repetição desse movimento é chamada vibração por unidade de tempo e a quantidade de ciclos presentes nessa unidade de tempo é caracterizada frequência de movimento.

É desejável, para a segura operação de equipamentos, evitar que a frequência de excitação seja igual à sua frequência natural, uma vez que nesse caso o sistema passaria a trabalhar em ressonância conforme Danielle (2018, P. 14). Logo, no processo de usinagem ou fabricação de peças ou na simples operação de máquinas operatrizes tudo trabalha a favor da eliminação de vibração total ou parcial.

Nesse tipo de equipamento há sistemas de vibrações das três vertentes, viscoso e coulomb, foco desse artigo e por histerese. Nesse tipo de equipamento, um fenômeno vibratório liga à outro que liga ao outro, dessa forma ao ligar o equipamento, o primeiro será ao toque da máquina, furadeira penetrante, sistema de vibração viscoso no braço hidráulico de penetração giratória da máquina, vibração por histerese pelo fato partes mais internas da máquina estarem recebendo a excitação por parte da penetração, e por final, o sistema de vibração coulomb, por parte da base fixada no chão e pelo preparo do chão/base, responsável pela dissipação final nesse sistema.

Este tipo de amortecimento corresponde a um componente mecânico movendo-se em um fluido. Nesse sistema de vibração viscoso que tem apenas um grau de liberdade, o braço hidráulico age com um cilindro hidráulico, uma vez que haja penetração mesmo que calibrado para agir rigidamente o sistema viscoso tende a ter uma penetração continua, o que tende a fazer o cilindro ter que fazer mais esforço de rigidez tornando o sistema mais vibratório, que por consequência faz com que transfira energia para os outros dois sistemas, histerético e coulomb. (COSSOLINO; PEREIRA, 2010, P. 6).

Em determinado momento, o crescente consumo exigiu uma resposta mais rápida dos meios de produção, tornando obsoleto o conceito de produção estritamente artesanal. Durante o período de transição houve, o convívio tanto do conceito de produção artesanal quanto da produção mecânica (Bertholdo). No passado, a humanidade sem tanta tecnolo-

gia usava de meios primitivos para a fabricação de peças e equipamentos mecânicos, sua matéria prima principal era a madeira.

Logo por não ter tanta durabilidade e pouca precisão de acabamento e operação esses equipamentos logo viriam a ser substituídos por componentes metálicos, trazendo assim estudo evidentes que tornariam ser o que temos nos tempos atuais, pois cada vez mais as máquinas iam se formando mais complexas com mais componentes e mais funcionalidades diferentes que poderiam revolucionar a classe mecânica e seus dependentes, como indústrias dos mais diversos segmentos para os mais diversificados nichos de fabricação (RAO, 2009).

Vibrações mecânicas presentes em mecanismos rotativos são uma das melhores fontes de investigação em manutenções. De acordo com Rao (2009 apud LIMA, 2014) um sistema vibratório simplificado se baseia no deslocamento de uma massa suspensa acoplada a uma mola presa a um referencial. A frequência do movimento vibratório pode ser analisada, e comparada em intervalos diferentes, para averiguar a existência de irregularidades, interferência ou defeitos que venham a modificar a vibração correta do equipamento. Rao (2009) propõe que a fadiga devido a níveis fora da normalidade de vibração, podem levar a quebra, e assim desalinhado toda uma linha produtiva.

Tanto a manutenção preventiva como a preditiva, utilizam da análise de vibração como forma de averiguar as condições de um equipamento com mecanismo rotativo (RAO, 2009).

Estudos recentes têm sustentado que a grande conquista da Revolução Industrial britânica foi a criação da primeira indústria mecânica de grande porte que poderia produzir máquinas em massa, aumentando sua produtividade, Deliberali (2013, P. 3). Algumas coisas modelaram a humanidade para que se chegasse ao que se tem hoje, uma das grandes que influenciaram o modo de produzir e fabricar foi a revolução industrial, onde as grandes empresas se reinventaram com a modernidade e criaram de novos meios para a criação e concepção de novas fontes de fabricação, é nesse momento que surgem as máquinas operatrizes, sejam elas tornos, plainas, serras, moedores e muito mais (RAO, 2009).

Segundo Diogo Kaminki (2012), o torno mecânico é uma máquina-ferramenta que permite usinar peças de forma geométricas de revolução. Tornando essa, uma ferramenta extremamente versátil utilizada na confecção ou acabamento em peças dos mais diversos tipos e formas, assim como toda linha industrial muito usada no meio industrial foi uma das primeiras máquinas operatrizes geraram outras ramificações para outras máquinas e que posteriormente se fizeram necessárias para a indústria mecânica. Dentro de um ambiente industrial encontram-se inúmeras fontes de vibração, tanto internas, como o desbalanceamento residual do equipamento em estudo, ou uma frequência de ressonância mecânica de algum de seus componentes estruturais (DANIELLE, 2018, P. 13).

Voltolini (2018, p. 13) diz que cada vez mais o mercado fabril busca por eficiência em qualidade tanto de processo quanto de demanda para a produção geral em uma fábrica, contudo, se exigida o máximo de eficiência, é necessário que haja uma preparação para que essa máquina operacional não estagne, logo, a preparação vem de um sistema para que as ressonâncias e instabilidades dinâmicas geradas pela operação dessas máquinas

seja minimamente amortecida por sistemas de que famigeradamente são conhecidos por Coulomb e viscoso.

Máquinas rotativas, quando em operação, apresentam duas formas básicas de dissipação de energia; via amortecimento externo e via amortecimento interno (FELLIPHE, 2018, P 24). Trazendo toda essa bagagem para as máquinas operatrizes mecânicas, que por sua vez, trabalham no mesmo princípio, temos a criação de sistemas de amortecimento que servem para reduzir ou retardar as vibrações geradas pelos sistemas vibratórios das máquinas, serras mecânicas, tornos, plainas, furadeiras radiais/axiais e fresadoras, equipamentos que amplamente são usados pela indústria mecânica em geral, mas que se não forem posicionados da forma correta podem ter instabilidade vibratória, por parte da má posição de seus suportes fixadores, que tem a função única de estabilizar a operação dessas máquinas

No monitoramento pelas técnicas de vibração, as vibrações das máquinas podem ser medidas externamente, sem abrir ou parar as máquinas. É um método não destrutivo, que dá a possibilidade do diagnóstico das condições de falha, a um custo não proibitivo. E segundo Lenzi (1991), a análise das vibrações é o melhor parâmetro para avaliar as condições dinâmicas, como balanceamento, estabilidade nos mancais, tensões dinâmicas existentes em componentes, e falhas incipientes em rolamentos e engrenagens, além de identificar desalinhamentos entre eixos e tolerância limite de funcionamento. Outro ponto importante é que todos os níveis de vibrações medidos e analisados, podem ser comparados aos limites recomendados pelos fabricantes e/ou por informações da máquina quando nova ou em boas condições de operação.

O excesso de vibração para Viana (2002, p.13) “[...] se constitui frequentemente em um processo destrutivo, ocasionando falhas nos elementos de máquinas por fadiga”. Alves (2009) aponta que dentre as diversas fontes de vibração aquelas mais comuns e que, portanto, podem ser apontadas como as principais causadoras dos problemas das vibrações mecânicas são: Desbalanceamento; Desalinhamento; Folgas Generalizadas; Dentes de Engrenagens; Rolamentos; Corrente Elétrica; Campo Elétrico Desequilibrado; Outros. Para Nascimento (2006) a Análise de Vibração pode ser mensurada como sendo, o processo em que as falhas em alguns elementos móveis de uma máquina ou equipamento, são encontradas através da taxa de variação das forças dinâmicas geradas.

Dentro da manutenção preventiva são realizadas diversos tipos de intervenções, como limpeza, lubrificação e calibração, sempre acontecendo de maneira regular, afim de prevenir algum defeito futuro no equipamento, seja quanto ao desgaste natural, onde a manutenção preventiva entraria como forma de aumentar o tempo de vida do equipamento, ou através de falhas iniciais, onde está identificaria a falha antes de se tornar algo maior, que acabasse comprometendo todo o funcionamento da máquina, dando espaço para um maior planejamento de correção, e assim evitando que um problema maior se instaurasse, levando à mais gastos inesperados (HOLANDA, 2016).

Tendo isso em vista, a utilização da análise vibratória como técnica a ser aplicada junto as averiguações periódicas da manutenção preventiva possui grande valia, visto que esta tem a capacidade de perceber falhas iniciais antes mesmo de se tornarem um problema, evitando uma maior logística para a manutenção futura. Juntamente de outras avaliações dentro da manutenção preventiva, permite analisar o rendimento e qualidade dos equipamentos em que essas técnicas são aplicadas (GONÇALVES, 2016).

3. ANÁLISE DE VIBRAÇÃO

Basicamente, a análise é feita iniciando-se pela obtenção de um modelo discretizado da árvore de manivelas, o qual deverá possuir características de inércia, rigidez e amortecimento que represente o sistema real da melhor forma possível. Em seguida, devemos calcular o torque de excitação levando-se em conta as forças dos gases gerados pela combustão no interior do cilindro e as forças de inércia. Por se tratar de excitações periódicas, a análise da resposta dinâmica deverá ser feita expandindo-se esse torque em série de Fourier e os deslocamentos serão calculados para cada ordem de vibração.

As amplitudes obtidas podem ser comparadas às obtidas experimentalmente e dessa forma, podemos avaliar estruturalmente o virabrequim, prever e reduzir níveis de ruído, analisar juntas de fixação de volantes, polias, etc.

As vibrações torcionais são geralmente calculadas considerando-se um comportamento uniforme do motor, com pressões de combustão idênticas entre os cilindros. Esta condição é verdadeira apenas no início de operação da máquina, ou sob condições ideais de manutenção do equipamento. Na prática, estas condições dificilmente ocorrem e variações consideráveis no espectro das forças de excitação podem existir, influenciando de forma substancial as vibrações torcionais. Maragonis (2013) realizou uma pesquisa, na qual essas diferenças dos esforços entre os cilindros foram levadas em consideração.

4. CONSIDERAÇÕES

Os avanços tecnológicos têm impulsionado aumentos dramáticos na produtividade industrial desde o início da Revolução Industrial. Esse movimento tornou-se mais dinâmico na quarta onda dessa revolução, com o surgimento da nova tecnologia industrial digital conhecida como Indústria 4.0, uma transformação que é alimentada por avanços tecnológicos que dão cada vez mais inteligência ao negócio para tomada de decisões em diversos níveis de uma organização.

Esse estudo apresentou alguns desses avanços, como recursos de análise, como os diferentes tipos de manutenções geram valiosas melhorias para o setor. A análise baseada em grandes conjuntos de dado é o principal objetivo das ferramentas visando otimizar a qualidade da produção, economizar energia e melhorar o serviço de equipamentos.

Referências

Apostila, **Unidade 2 – VIBRAÇÕES LIVRES DE SISTEMAS DE UM GRAU DE LIBERDADE**. Instituto Federal de Santa Catarina, Joinville.

BARBOSA, Fellipe Góes Fernandes. **ESTUDO DE INSTABILIDADE EM MÁQUINAS ROTATIVAS DEVIDO AO AMORTECIMENTO INTERNO E ASSIMETRIA**. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 2018.

BLOCH, H. P., GEITNER, F. K., **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**, 2 ed. Texas, Gulf Pu-



blishing Company, 1994.

COSSOLINO, LC; PEREIRA, AHA, **Amortecimento: classificação e métodos de determinação**. ATCP Engenharia Física, São Carlos – SP, 2010.

GONÇALVES, Cirilo Felipe et al. **Implantação de um Programa de Manutenção Preventiva com Estudo de Caso em uma Empresa de Beneficiamento de Grãos**. *Janus*, v. 13, n. 23, 2016.

HOLANDA, Sandra Maria Santos. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. **Manutenção Função Estratégica**, 2ª ed, 1ª Reimpressão 2004. Editora Quality Mark, Rio de Janeiro, Coleção Manutenção, Abramam.

KAMINSKI, Diogo, **PROPOSTA TÉCNICO ECONÔMICA PARA ADEQUAÇÃO DE TORNO MECÂNICO CONVENCIONAL A NORMA NR12, UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC**, Criciúma – SC, 2015.

KÜSTER, Leandro Dias; SARTORTI, Artur Lenz. **ANÁLISE DINÂMICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO: AVALIAÇÃO DE TRÊS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE LAJES**. Centro Universitário Adventista de São Paulo, 2011. D

MARSON, Michel Deliberali, **A evolução da indústria de máquinas e equipamentos no Brasil: Dedini e Romi, entre 1920 e 1960**. Belo Horizonte – MG, 2014.

MASOTTI, Diego. **COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO AMORTECIMENTO ESTRUTURAL ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE AJUSTE DE CURVAS DE FUNÇÕES RESPOSTA EM FREQUÊNCIA**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

SOARES, Diego Borlot, **ADAPTAÇÃO DE UMA FURADEIRA DE COLUNA PARA EXECUTAR ENSAIOS DE PRESSÃO CONSTANTE, UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO TECNOLÓGICO – UFSC**, Vitória – SC, 2015.

SOEIRO, Newton Sure, **Notas de Aula de Vibrações Mecânicas. Universidade Federal do Pará – UFPA**, Belém – PA, 2008.

VOLTOLINI, Danielle Raphaela. **CONTROLE DE VIBRAÇÕES FLEXIONAIS EM MÁQUINAS GIRANTES USANDO NEUTRALIZADORES VISCOELÁSTICOS ANGULARES**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

CAPÍTULO 27

METALURGIA DO PÓ: REAPROVEITAMENTO DE SOBRAS METÁLICAS NA INDÚSTRIA

*POWDER METALLURGY: REUSE OF METALLIC LEFTOVERS IN
INDUSTRY*

Silvio Bruno Correa Mendes¹

¹ Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

Resumo

A metalurgia do pó tem como princípio a compactação de pós metálicos e com a sobra dos cavacos fabricação de peças através da usinagem, tem-se com o uso dessa categoria de metalurgia o reaproveitamento de uma grande parte dessas sobras, por processo que tornam as partículas de metal menores. Todo o material é compactado com prensas já saindo no formado final. Porém, as peças são chamadas peças “verdes”, pois tem uma granulometria um pouco maior, afetando diretamente nas suas propriedades físicas e mecânica, para a obtenção dessa resistência o material precisa ser aquecido com uma temperatura e uma pressão controlada, esse processo de aquecimento é chamado sinterização, formando assim um corpo sólido, sendo bastantes versáteis, podendo ser usados para confecção de peças, mancais autolubrificantes, filtros metálicos e engrenagem. Assim, em livros, revistas científicas e sites especializados, para contextualizar a características do resíduo metálico na indústria tal qual sua resistência pós sinterização. Ademais esse tipo processo em comparação com outros tipos de processo mais convencionais exige menos energia para ser feito, sendo bastante viável na indústria, trazendo uma economia financeira de longo prazo com o reaproveitamento desses materiais e uma grande economia de materiais que seriam descartados no meio ambiente. Assim se mostrando um estudo de total viabilidade, visto que com o avanço da tecnologia a eficiência energética e o reaproveitamento são as principais metas a serem batidas pelas indústrias.

Palavras-chave: Cavaco. Sinterização. Economia. Resíduos Metálicos.

Abstract

Powder metallurgy has as its principle the compaction of metallic powders and with the leftover chips the manufacture of parts through machining. With the use of this category of metallurgy the reuse of a large part of these leftovers is possible, through a process that makes the metal particles smaller. All the material is compacted with presses that already come out in the final shape. However, the parts are called “green” parts, because they have a slightly larger granulometry, directly affecting their physical and mechanical properties. To obtain this resistance, the material needs to be heated at a controlled temperature and pressure, this heating process is called sintering, thus forming a solid body, and being quite versatile, they can be used to make parts, self-lubricating bearings, metal filters, and gears. Thus, in books, scientific journals and specialized websites, to contextualize the characteristics of metallic residue in the industry such as its resistance after sintering. Furthermore, this type of process in comparison with other types of more conventional processes requires less energy to be done, being very viable in the industry, bringing a long-term financial economy with the reuse of these materials and a great economy of materials that would be discarded in the environment. Thus showing a study of total feasibility, since with the advancement of technology, energy efficiency and reuse are the main goals to be beaten by industries.

Keywords: Cavaco. Sintering. Economy. Metallic waste.

1. INTRODUÇÃO

As grandes empresas que trabalham com minérios, recolhem da natureza esses elementos incessantemente sem se atentar ao fim dessa matéria-prima e aos danos que a retirada excessiva do material vem causando à natureza, assim como danos a região onde o material está sendo retirado, impactos ambientais e danos ao clima. Em razão disso, futuramente tende a haver danos irreversíveis na natureza, por causa dessa retirada excessiva de matéria-prima natural.

Ademais as empresas vivem um dilema de sustentabilidade, em que o reaproveitamento de resíduos antes não utilizados e acabavam sendo descartados, perdendo assim boa parte do minério. Entretanto, com a evolução da tecnologia, busca-se maneiras de se reaproveitar os resíduos metálicos ferrosos decorrentes de processos de manufatura mecânica, na forma de cavacos, a tecnologia mais eficiente para esse tipo e reaproveitamento chama-se metalurgia do pó.

A metalurgia do pó é um processo que elimina praticamente toda a perda de material. Nesse viés, se torna bastante atrativo economicamente, visto que a perda usando os sistemas convencionais são bastantes elevados, podendo chegar a cerca de 50% do material em alguns casos. Peças obtidas através desse tipo de metalurgia possuem uma certa porosidade. Porém, isso é amenizado ou corrigido com o aumento da pressão de compactação e o tempo de sinterização, assim como forma e granulometria do pó metálico. Essa porosidade obtida da metalurgia do pó tem alguns benefícios, como os filtros metálicos e também mancais que se auto lubrificam, estes, em processos mais convencionais, são inviáveis de ser confeccionados.

Nesse contexto, o planejamento para o descarte e o reaproveitamento faz-se importante independentemente do tamanho da empresa e em consonância com a população para que haja uma forma correta e eficiente para o descarte ou para reutilização dos materiais. Ademais, esse estudo é de fundamental importância para engenharia mecânica, visto que, há uma lacuna que é a seguinte: Qual a relação dos resíduos metálicos decorrentes de manufatura mecânica, seus aspectos econômicos, sua usabilidade depois de ser reaproveitado?

Portanto, este trabalho tem como objetivo geral contextualizar meios de produção para o reaproveitamento dos resíduos decorrentes da manufatura mecânica, a resistência das peças pós sinterização visando considerar a viabilidade do reaproveitamento desse material na indústria. Assim os objetivos específicos são descrever o reaproveitamento do cavaco derivado de processos de manufatura mecânica, bem como, discorrer sobre as características específicas do produto pós sinterização e sua utilização na indústria.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia desse trabalho é a base de revisão bibliográfica para sua realização. Fundamenta-se em coletar dados de livros, artigos, revistas, entre outros, a busca foi realizada no *Google Scholar*, o período dos trabalhos publicados foi dos últimos 30 anos. As palavras chaves para a busca foram metalurgia do pó, reaproveitamento e sinterização.

2.2 Resultados e Discussão

Os povos árabes e germânicos produziam armas brancas de excelente qualidade usando o pó obtido de outros ferros que já tinham sido corroídos, assim eram juntados esquentados e fundidos até que as suas impurezas fossem eliminadas, e o suficiente para transformar o ferro em aço com a quantidade baixa de carbono.

No início do século XIX, começaram de fato com o uso da metalurgia do pó, para usar no desenvolvimento de peças com metais que continham um alto ponto de fusão. Mais especificamente para a produção de platina, metal esse que contém sua temperatura de fusão próxima dos 2000°C. Nesse sentido, é essencial a participação de Wollaston que em 1829 levou ao público as etapas para se produzir platina compactada de um pó poroso, que através de um cloreto de amônia e platina era obtido, levando Wollaston a patente de precursor da metalurgia do pó (ROLL. R.K,1993 apud GALVÃO, 2008).

Para Chiaverini e Galvão (2008) as realizações mais importantes em aplicações de metalurgia do pó, no início deste século, então incluídas as descobertas de técnicas de sinterização de molibdênio assim como a de tungstênio —metais refratários, cujo ponto de fusão é 2625 ° C e 3410°C, respectivamente o que impossibilita sua produção pelo método convencional. Devemos a contribuição mais importante para C. Coolidge a este respeito, juntamente com o desenvolvimento em 1910 no processo de produção de fios dúcteis de tungstênio para uso em lâmpadas incandescentes advindos do pó de tungstênio.

Ademais, o cavaco de ferro se tornou a matéria-prima com menos custo de produção para ter uma melhora no aspecto econômico do processo de forjamento com os materiais de pós mostrou sua viabilidade técnica, com isso constatou-se que a resistência mecânica varia conforme a maneira de compactação, sinterização e a forja com um posterior tratamento térmico (BROWN,1972).

2.2.1 Produção do pó metálico

Os pós metálicos são produzidos por métodos mecânicos e químicos. Os métodos comuns incluem atomização de água e gás, moagem, ligação mecânica, eletrólise e mé-

todos químicos, incluindo redução de óxido. (TRUDEL,1998)

Além do processo de moagem que se trata do cavaco a ser transformado em pó e uma massa dura, geralmente feito com moinho de bolas, constituído de vários tambores rotativos que tem como conteúdo bolas metálicas ou de cerâmicas resistentes ao desgaste, em seguida o material é depositado no tambor e o mesmo tem sua velocidade controlada para existência de um movimento reto entre o material e as bolas (CHIAVERINI, 2001).

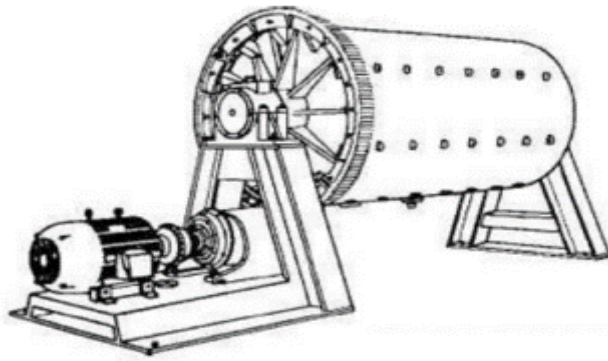


Figura 1- representação em perspectiva isométrica de um moinho de bolas
Fonte: MORO, N.; AURAS (2007)

Outrossim, sobre a aplicação de processos mecânicos em materiais que tenham uma dureza mais elevada e são quebradiços e também é usado como complemento na produção de outros pós. A parte mecânica tem a finalidade de reduzir a granulometria da partícula, mudar sua forma, a sua densidade, além de mudar algumas de suas propriedades, como velocidade de escoamento (WITKOWSKI, 2018).

Portanto, ao longo da história foi-se desenvolvendo meios para economizar o material desperdiçado no processo de usinagens o mais econômico e mais eficiente é a metalurgia do pó que por meio de moagem e de alguns processos que dão formatos as peças, seguidos da sinterização geram novas peças.

Ademais, esse material economizado e usado como peças de fácil lubrificação que podem servir como buchas auto lubrificadas, mancais, dentre outras peças, que podem ser sinterizadas de vários tipos, tendo uma porosidade e as propriedades mecânicas controladas.

2.2.2 Processo de reaproveitamento do cavaco

A metalurgia do pó é um processo que maximiza a economia de material com perda mínima de matéria-prima (por exemplo, as perdas no processamento convencional podem chegar a 50%). Certas ligas podem ser obtidas por metalurgia do pó a um custo várias vezes inferior ao da produção metalúrgica convencional. (NUNES,2003).

Ademais, para o reaproveitamento do cavaco o processo de trituração mecânica é mais adequado pois tem alta eficiência para metais de alta dureza e quebradiços, também

usado como uma operação para completar as operações de produção de pó. O principal objetivo do processo mecânico é reduzir partículas, mudanças na forma das partículas, aglomeração de pó, liga e Mudanças em propriedades como densidade e vazão. (WITKOWSK,2018).

Assim, o fator fundamental de qualquer processo de metalurgia do pó é o produto primário, principalmente quando se trata da homogeneidade do material. Por causa disso, é de fundamental importância para controlar as propriedades que devem ser conhecidas, determinadas e monitoradas com a maior precisão possível. Portanto, tamanho de uma única partícula é importante na produção de pós metálicos, assim como a distribuição de tamanho dos grãos das partículas são dados importantes para o projeto de peças sinterizadas. Diferentes tecnologias de obtenção de pós metálicos criam diferentes formas, tamanhos, distribuição de pó e outras propriedades, para compreensões técnicas de obtenção e caracterização de pós para obtenção de produtos conformes aos requisitos do projeto.

Outrossim, na obtenção do pó a homogeneização deve garantir a uniformidade do pó para ser melhor compactado para evitar a segregação. Através da homogeneização, a densidade aparente ou vazão do pó pode ser alterada, pois na ao operar, o tamanho das partículas é reduzido e os cantos são arredondados e ocorre certo amolecimento da superfície. (GALVÃO, 2008).

Para prevenir que a oxidação depois de moer o cavaco e obter o pó e reduzir o atrito de uma partícula com a outra, são necessários alguns tipos de lubrificantes, como o estearato de zinco ou de outras substancias e ceras.

Os lubrificantes mais utilizados são: ácido esteárico, estearato de zinco e lítio e Cera sintética. A escolha do tipo de lubrificante é, em princípio, baseada em sua Capacidade de aderir a superfícies metálicas. A quantidade adicionada depende A influência de vários fatores, como composição, tempo e material do pó metálico Ferramenta, densidade de compactação e complexidade da peça a ser comprimida. Que a dosagem é geralmente de 0,5% a 1,51% em peso. (CHIAVERINI, 2001).

2.2.3 Processo de sinterização e suas especificidades

O processo de sinterização é considerado simples, contendo os devidos equipamentos para esta fase. Fornos, controle da atmosfera, e instrumentos de medição. Porém, mesmo com as ferramentas certas não se tem uma garantia de um resultado satisfatório, devido a várias outras variáveis que mudam o resultado previsto, como a origem do pó, materiais misturados ao pó, características da fase de compactação afetados na fase de endurecimento, como espaço entre os grãos e resistência (WITKOWSKI, 2018).

Somado a isso, a sinterização pode ser descrita como um processo físico, ativado termicamente, fazendo com que uma série de partículas de um material, inicialmente todas em contato, consiga uma resistência mecânica. Faz-se necessário uma injeção de calor, no momento da compactação do pó metálico ou depois, para elevar o número de ligações. Logo esse processo de aquecimento que ocorre com uma temperatura menor

do que a temperatura normal de fusão é caracterizado sinterização (BRITO; MEDEIROS; LOURENÇO, 2007).

A sinterização é composta de algumas fases, que são divididas de acordo com alguns acontecimentos e mudanças que ocorrem, na fase inicial ocorre a ligação das partículas e a origem do pescoço. Quando o material é aquecido, ocorre o contato entre as partículas adjacentes devido à difusão dos átomos de elevação o aparecimento de limites de grão. Este desenvolvimento favorece o material e o um alto grau de consistência, mas não motiva nenhuma mudança dimensional. Na fase intermediária dessas etapas, ocorre um aumento na razão R / A (raio do pescoço e raio da partícula), as partículas perdem sua identidade gradualmente. Nesta fase, o material sinterizado apresenta duas fases contínuas: a fase sólida e rede combinada de poros. O tamanho do grão aumenta, terminando com uma nova molécula. A maioria dos saques ocorre durante este período. Na última etapa, os poros são arredondados e isolados. Os poros contêm gases insolúveis no metal de base, eles não podem compactação completa, mas se os poros estiverem vazios ou contiverem gases solúveis na matriz, pode ocorrer compactação total (WITKOWSKI, 2018).

Fundamentalmente, a sinterização é um processo que maximiza a economia de material, sendo sem cavacos, que na usinagem convencional, os cavacos podem representar até 50% do peso original do metal utilizado), sem muitas rebarbas e os seguintes benefícios: Controla a densidade e elimina o peso morto indesejado no produto final. Mesmo levando em conta a necessidade de mais usinagens, as peças sinterizadas comuns utilizam quase 100% do material original

Nessa conjuntura, a figura 2 mostra os estágios de sinterização, onde na etapa (1) pode-se ver as partículas soltas antes de aquecer o processo sinterização, as etapas de combinação de partículas são mostradas abaixo até a etapa (4) é alcançada, o final da sinterização onde todas as partículas são unidas. (WITKOWSKI, 2018).

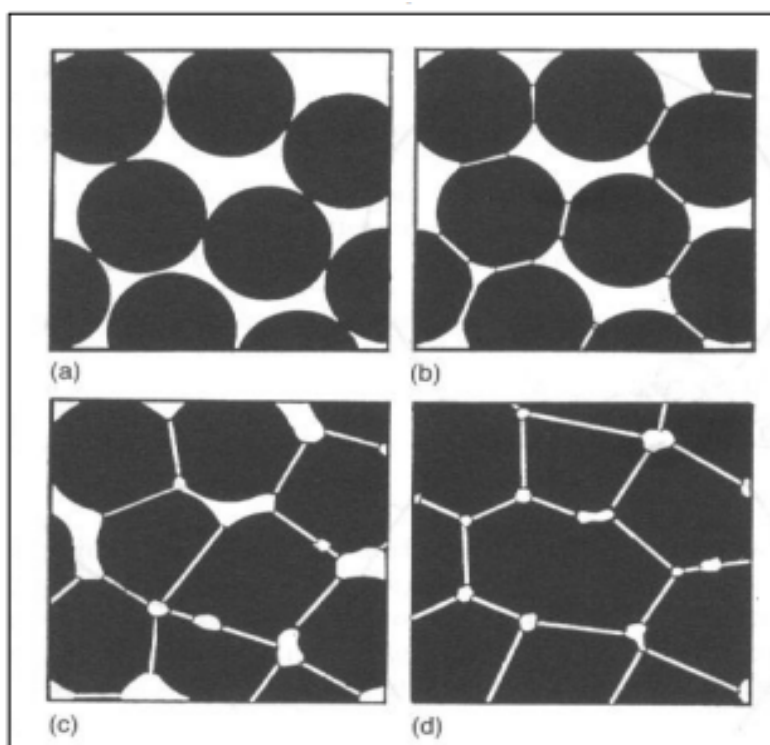


Figura 2: (1) partículas soltas de pó, (2) estágio inicial, (3) estágio intermediário, (4) estágio final.
Fonte: (GERMAN 2006).

Influência direta no grau de compactação após sinterização pela interface entre as partículas, que é inversamente proporcional ao tamanho da partícula, então tempos de moagem estendidos parecem ser os mais importantes a maneira mais eficaz de obter tamanhos de partículas adequados para um alto grau de compactação de sinterização, no entanto, durante a moagem dois fatores que contradizem isso raciocínio. O primeiro é a aglomeração de partículas como resultado de soldas a frio que ocorrem durante a colisão entre as partículas e o achatamento das partículas que ocorrem devido à ductilidade das ligas metálicas. Esses fatores contribuem para reduzir a área de superfície de contato entre as partículas (WHITE 1998).

2.2.4 Composição e pureza do material devido a sinterização

interização que ocorre por aquecimento em uma faixa de temperatura abaixo deste ponto Fusão de partículas, aplicando a regra de temperatura de 2/3 a 3/4 na maioria dos casos O material derrete. Seu principal objetivo é verificar a resistência estrutural do material Fabricado por metalurgia do pó. (GERMAN, 2017).

Basicamente, a sinterização é dividida em três etapas distintas, conforme mostrado no diagrama abaixo. na Figura 3. O primeiro passo consiste em pré-aquecer o material com uma bomba de vácuo para remover lubrificantes usados na etapa de compactação. A segunda fase é a fase a parte principal do processo, a técnica de sinterização, ocorre e a difusão do material ocorre. A terceira e última etapa é o resfriamento da peça sinterizada. (SANTOS, 2018).

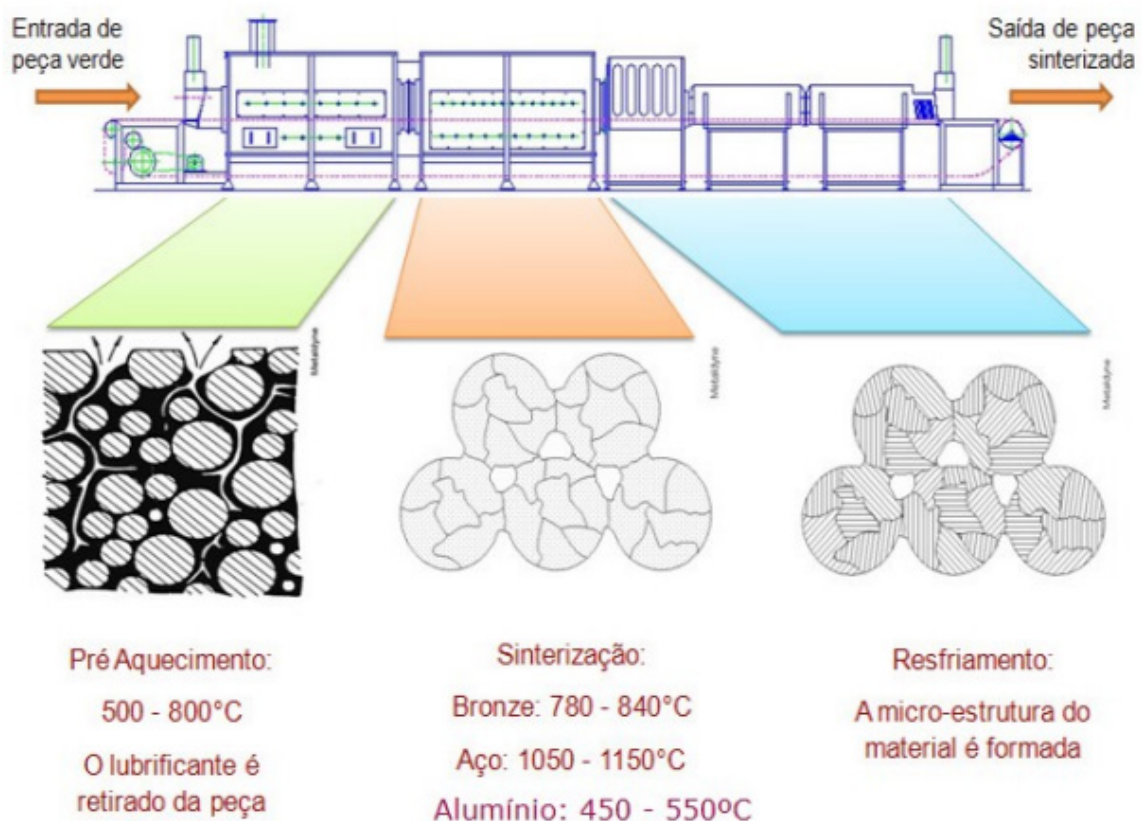


Figura 3: Etapas do processo de sinterização convencional.
Fonte: (KLEIN 2011).

Assim, a temperatura faz com que as partículas se espalhem à temperatura Abaixo do ponto de fusão do material, porém, é satisfatório para criar um “pescoço” ligação entre as partículas de pó. No entanto, quando a fase líquida passa, o material é sinterizado usando elementos com diferentes pontos de fusão, e o material tem um ponto de fusão mais baixo permite que partículas de outros materiais se liquefazem e se conectem umas às outras. (GERMAN,1985).

Portanto, a estrutura pode ser realizada por um processo de sinterização em estado sólido havendo uma porosidade controlada. No entanto, pelo método de sinterização em fase líquida, Possibilidade de vedação total da porosidade (SILVA,1998)



Figura 4: Estágios do processo de sinterização
Fonte: LOBERTO; GENOVA; SILVA, (2009).

2.2.5 Uso da metalurgia do pó na indústria

O mercado de metalurgia do pó está crescendo, e os componentes derivados da metalurgia do pó utilizados em diversos mercados, principalmente na indústria automotiva, este consome cerca de 70% dos produtos produzidos pela indústria a cada ano. Outros mercados importantes incluem ferramentas manuais, aparelhos elétricos, motores e controladores Industriais, hardware. Conforme os designers aprendem mais e mais por meio de metalurgia do pó, desempenho de processo, tolerâncias estritas e economia de custos, oferece vantagens maiores do que outras tecnologias de fabricação. Tendências mostram os componentes desse tipo de metalurgia anteriores continuam a se expandir para o mercado Subdesenvolvido, como a fabricação de aditivos de metal. (AMERICAN, 1998).

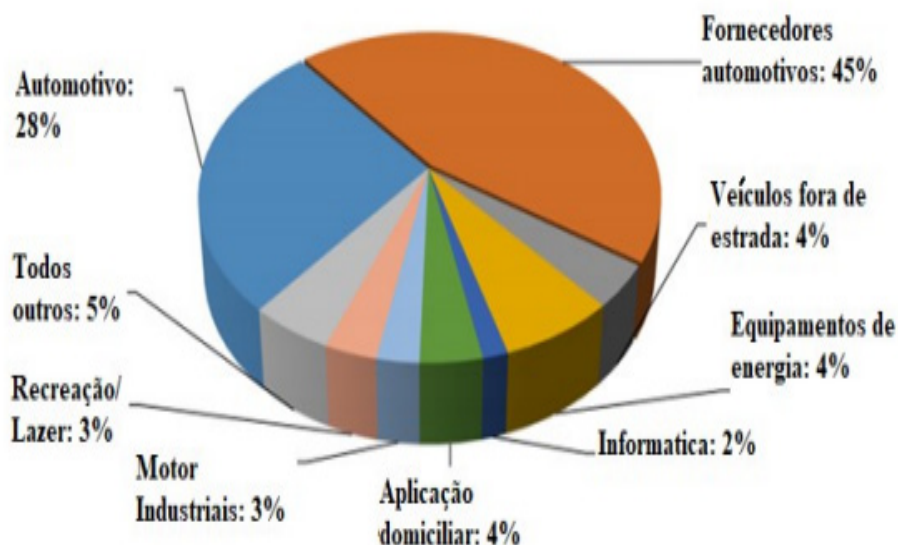


Figura 5: divisão dos mercados que aplicam a metalurgia do pó.
Fonte: AMERICAN SOCIETY FOR METALS (1998).

A figura 5 demonstra os mercados e nichos onde a metalurgia do pó é mais usado, tendo como maior usabilidade no mercado o ramo de automóveis, pois as peças obtidas através da metalurgia do pó, tem funções auto lubrificantes, devido a porosidade, uma boa taxa de deformação e uma dureza que pode variar de acordo com a prensagem e a sinterização nela aplicada.

Na indústria, a lista de componentes que utilizam produtos sinterizados é extensa: bielas do motor, buchas autolubrificantes, capas de mancal, anéis sensores de freio, peças para transmissões manuais e automáticas, cubos de polia, motores elétricos, motor de arranque, velas, relés elétricos, pastilhas de freio e discos de embreagem. Em alguns casos, a metalurgia do pó é a forma única e mais realista produção em termos de custo e qualidade (GRUPO, 2018).

Ademais, com a sua versatilidade e seu baixo custo de aplicação a metalurgia do pó serve para quase todos os ramos da indústria, por haver porosidade e por ser controlada facilitando assim o processo de lubrificação além de sua alta condutividade térmica e elétrica, sendo bastante usadas em motores elétricos, cerâmicas, supercondutores, filtros, peças autolubrificantes e em algumas ocasiões acaba sendo a única maneira viável em termos de custo benefício (PAVAANTI, 2007).

3. CONCLUSÃO

A evolução tecnológica vem cada vez mais barateando o custo de fabricação de todos os equipamentos no meio de produção necessários para a fabricação de produtos derivados da metalurgia do pó, logo barateando o custo para se reaproveitar os cavacos, fazendo assim uma reciclagem dentro da indústria e diminuindo consideravelmente os danos ambientais causado pelo descarte desse tipo de material. Esse processo de mostra melhor

e mais eficiente em todos os aspectos econômicos e físicos, assim tornando a indústria mais eficiente.

Ademais, a sinterização como visto no estudo se mostra eficiente e agrega qualidade ao material fina, visto que tem como finalidade unir a granulometria das peças sinterizadas para garantir uma maior resistência física e mecânica, pode ainda passar por alguns tipos de acabamento como a própria usinagem e tratamentos térmicos garantido uma peça de resistência igual ou superior a uma peça forjada. Sendo bastante atrativa na indústria metalmeccânica.

Portanto, e de fundamental importância o investimento no estudo do reaproveitamento do cavaco através da metalurgia do pó e os processos da sinterização desse material. Buscando inovações para o controle da granulometria, e aumento da resistência do material pós sinterização. Visto que, há mais fatores positivos do que negativos, e comprovada a eficácia do produto final feito através desse método.

Referências

- AMERICAN SOCIETY FOR METALS. **Powder metal technologies and applications**. asm handbook v.7park, p. 372, Disponível em: <https://docero.com.br/doc/scxxss5>. Acesso em: 01 de abr. de 2022.
- BRITO, F. I. G. de. Um estudo teórico sobre a sinterização na metalurgia do pó. **HOLOS**, [S. l.], v. 3, 2008. DOI: 10.15628/holos.2007.139. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/139>. Acesso em: 25 maio. 2022.
- BROWN, g. t. **on the gray cast iron powder for making low-cost p/m forging**. progress in powder metallurgy, mpif princeton, ny, v. 28, 1972.
- CHIAVERINI, V. **Metalurgia do pó**. 4ª ed. São Paulo: ABM, 2001.
- GALVÃO, A. O.; **Reciclagem de cavacos de aço sae 1020 via metalurgia do pó**, 2008. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/274310912/Reciclagem-de-Cavacos-de-Aco-Sae-1020-via-Metalurgia-Do-Po-Resumo>. Acesso em: 25 fev. 2022
- GERMAN, R. M. **Sintering**: theory and practice. Ed. John Wiley e Sons, New York, 1996.
- GRUP, 2018. **Setorial da metalurgia do pó**. 2018. Disponível em: <http://www.Metalurgiadopo.com.br/Paginas/detalhes.asp?iType=1&iPic=2>. Acesso em: 30 out. 2021.
- KLEIN, A. N. **A metalurgia do pó**: alternativa econômica com menor impacto ambiental. 1ª ed. São Paulo: Editora Metallum, 2011.
- LOBERTO, A. **A metalurgia do pó**: alternativa economica com menor impacto ambiental. São Paulo: Metallum eventos técnicos, 2009. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/23012>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- MORO, N. **Processos de fabricação**: metalurgia do pó e o futuro da indústria. Florianópolis: Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina. 2007. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD4_SA6_ID2202_31072019182646.pdf. Acesso em: 09 abr. 2022
- NUNES, R. **A metalurgia do Pó**. Rio de Janeiro: Pontífica Universidade Católica, 2003. Disponível em: <http://www.dcomm.pucio.br/~ranunes/org/Caracterizacao1.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2022.
- POWDER METALLURGY PARTS ASSOCIATION, 2017. **Sustainability Manufacturing within the PM Industry** Disponível em: <https://www.mpif.org/Market/2017-Roadmap.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2022.

ROLL, K. H. **History of Powder Metallurgy**. ASM Handbook, v.5, 1989. Powder Metal Technologies and Application. ASM International, V.5, 1989

SILVA, A.G.P. **A sinterização rápida: sua aplicação, análise e relação com as técnicas inovadoras de sinterização**. Rio Grande do Norte: Departamento de física teórica e experimental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1998.

SANTOS, M. **A metalurgia do pó para produção de peças de alumínio na Indústria metalúrgica**. 2008.. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

TRUDEL, Y. **Quebec Metal Powders Limited**. ASM Handbook. Powder Metal Technologies and Application. ASM International, V.7, 1998. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/scxxss5>, Acesso em: 05 de Abr de 2022, 1998

WHITE, D. G. **Metal Powder Industries Federation and APMI International**. ASM Handbook. Powder Metal Technologies and Application. ASM International, V.7, 1998

WITKOWSKI, Vinicius. **Reaproveitamento de cavacos de usinagem utilizando a metodologia de processamento da metalurgia do pó**. 2018. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/>. Acesso em: 28 fev. 2022.

CAPÍTULO 28

MANUTENÇÃO PREDITIVA EM AERONAVES

PREDICTIVE MAINTENANCE IN AIRCRAFT

Ronald Danilo Mendes Alves¹

Ana Silva²

1 Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O estudo tratou da manutenção preditiva em aeronaves, considerada uma das manutenções mais importantes, tendo em vista que ela prevê antecipadamente através de aparatos tecnológicos possíveis falhas. O objetivo do estudo foi analisar a importância da manutenção preditiva em aeronaves. Trata-se de estudo de revisão bibliográfica. Ao final do estudo conclui-se que as manutenções preditivas em aviões não se referem somente a troca de peças e óleo, mas também em abastecer as aeronaves a cada parada ofertando segurança a todos e redução de custos, visto que com a realização de manutenções em dias as aeronaves tem probabilidade de apresentarem número menor de falhas.

Palavras-chave: Manutenção; Preditiva. Aeronaves. Segurança. Redução Custos.

Abstract

The study dealt with predictive maintenance in aircraft, considered one of the most important maintenance, given that it predicts possible failures in advance through technological devices. The aim of the study was to analyze the importance of predictive maintenance in aircraft. This is a bibliographic review study. At the end of the study, it is concluded that predictive maintenance on aircraft does not only refer to the exchange of parts and oil, but also to refuel the aircraft at each stop, offering safety to all and reducing costs, since, with maintenance performed in days, the aircraft are likely to have a lower number of failures.

Keywords: Maintenance; predictive. aircraft. Safety. Cost Reduction.

1. INTRODUÇÃO

As aeronaves são meios de transporte Seguro e carecem continuamente de manutenção, visto que consiste em um meio que carrega passageiros e que carece de segurança para realizá-lo em especial no que diz respeito a evitar acidentes.

Sabe-se que as aeronaves são transportes de grande magnitude e a realização de manutenções são cruciais para que estas não coloquem em risco a vida dos passageiros. Nesse sentido, a realização de manutenção preditiva é relevante, pois detecta antecipadamente a ocorrência de falhas.

Tendo em vista, que essa manutenção é relevante nas aeronaves e que sua realização pode evitar danos, o estudo residiu no seguinte problema:: Quais os benefícios da manutenção preditiva em aeronaves?

Há de se reconhecer que a manutenção preditiva quando realizada em tempo hábil e adequadamente pode contribuir para desperdício de materiais, redução de gastos desnecessários com aeronaves e prevenção de acidentes. Dessa forma, torna-se relevante desenvolver um estudo que aponte como a manutenção preditiva pode contribuir para que a aeronave possa desempenhar suas funções dentro do esperado, o que justifica o desenvolvimento do estudo.

Desta forma, o objetivo geral do estudo foi analisar a importância da manutenção preditiva em aeronaves.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

No desenvolvimento do estudo, optou-se pela metodologia de revisão bibliográfica, com busca na base de dados do Google Acadêmico, repositórios de engenharia e revistas online. Para auxiliar na busca, foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: Manutenção, preditiva, aeronaves. Foram selecionados artigos dos últimos 2015 a 2021 e que apresentassem objetivos semelhantes ao da presente temática.

2.2 Resultados e Discussão

A manutenção em aeronaves se refere a um conjunto das operações destinadas à conservação de uma aeronave e dos seus sistemas, manter a disponibilidade, manter o seu potencial de aeronavegabilidade e manter seu desempenho (COSTA, 2014).



Na prática é o ato de se fazer uma intervenção, limpeza, inspeção ou verificações detalhadas das peças e sistemas em utilização. A manutenção tem a finalidade de corrigir avarias ou (de uma forma mais eficiente) de prevenir ou detectar falhas de material ou deterioração do desempenho de sistemas, ou simplesmente o controle do tempo de vida de peças em utilização. Normalmente cada fabricante define um manual com um programa preventivo, recomendado de manutenção que deve ser seguido imperativamente pelo utilizador (BATISTA, 2013).

Segundo Costa (2014) no processo de manutenção de motores de aeronaves é feito uma limpeza química, que serve para tirar a sujeira, mas também para retirar uma camada protetiva que existe em algumas peças. Essa camada é retirada para a manutenção e recolocada depois que a peça foi reparada.

A manutenção preventiva, ocorre em diversos aspectos e regiões e geralmente é utilizada para prevenir e detectar problemas antes que estes ocorram, e tem como finalidade reduzir o aparecimento de falhas. Geralmente as manutenções preventivas ocorrem conforme o calendário de cada instituição (COSTA, 2014).

A manutenção corretiva ocorre para corrigir um problema já existente, que é detectado, tem a finalidade de trocar peças ou outros itens, dependendo de onde ocorre a manutenção corretiva. Além disso, cabe ressaltar, que a mesma não é programada e é realizada sempre que surge um problema (MORO, 2014).

A manutenção preditiva se refere comumente conhecida como condicionada e que não sistemática, ocorre como o próprio nome diz preditivamente, prevê a ocorrência de possíveis problemas, ou seja, faz previamente a correção de problemas que possam vir a surgir no decorrer do uso de um determinado equipamento. É um tipo de manutenção que tem como base observar o funcionamento e monitorá-lo, sendo possível transformar as falhas que possam vir a ocorrer, bem como os problemas que possam vir a aparecer (MUNIZ, 2014).

Assim, a manutenção preditiva nos últimos tempos vem sendo muito utilizada em diversos setores para detectar possíveis falhas e evitar que muitos problemas possam ocorrer. Consiste em uma das manutenções mais importantes no mercado, justamente por suas possibilidades e técnicas existentes, que levam a uma redução econômica considerável quando comparada a outros tipos de manutenção que existem no mercado brasileiro e que conseqüentemente acabam interferindo em gastos maiores (ALMEIDA, 2015).

Sendo assim, a manutenção preditiva é considerada por muitos estudiosos um processo cíclico que tem a finalidade de controlar e monitorar. Ela reduz e impede que possam ocorrer diversos tipos de problemas que ao longo da vida útil de diversos tipos de equipamentos podem apresentar falhas e problemas que podem interferir em seu adequado desempenho (LEITÃO, 2016).

Sua relevância tem levado muitas a empresas a adotarem a mesma tendo em vista que ele passa confiança em seus processos e técnicas além de proporcionar uma operacionalização que deixa os equipamentos sempre próximo de suas condições e funcionamentos originais. Nesse sentido, a mesma ao ser utilizada em diversos setores em que se faz presente, consegue assegurar uma maior eficácia, segurança e controle de suas

operações (MORO, 2014).

Não somente a manutenção preditiva se faz relevante, como as demais, pois cada umas das manutenções que existem apresentam funções específicas e podem ser realizadas em equipamentos, aeronaves, automóveis, máquinas de grande e pequeno porte, mas todas apresentam um objetivo em comum que é o de manter os equipamentos em funcionamento (LEITÃO, 2016).

Há de se reconhecer que muitas dessas manutenções quando realizadas conseguem restabelecer a vida útil do mesmo, desde que realizadas em tempo hábil, mas infelizmente outras não, tal como a corretiva que somente corrige os problemas que ocorrem a priori com os equipamentos, não assegurando que os mesmos possam funcionar com o mesmo desempenho (COSTA, 2014).

As finalidades da manutenção preditiva são inúmeras. A primeira destas é a redução com os custos de manutenção, pois sabe-se que os mesmos são caros e onerosos, em especial quando se trata de equipamentos de grande porte como os ônibus. Assim, ela pode reduzir consideravelmente os gastos de empresários com manutenções desnecessárias, pois ao realizar a mesma, ocorre uma economia (OLIVEIRA, 2015).

A segunda finalidade se refere a redução de falhas nas máquinas, um dos principais problemas que levam ao aparecimento de realização de manutenção em ônibus, reduzir problemas que surgem em horas inesperadas, que na maioria das vezes os responsáveis se encontram despreparados para arcar com os prejuízos.

A outra finalidade é a redução de estoque e sobressalentes que se refere a diminuição de aquisição de peças que não serão utilizadas de imediato, resultando, portanto, em mais uma economia para os empresários (FERREIRA, 2015).

Além disso, outra finalidade importante diz respeito a redução de horas extras para manutenção, benefícios que se referem tanto para quem realiza a manutenção, como para o equipamento que fica por horas e dias parado sem movimento, gerando prejuízos econômicos que podem ser irreversíveis, principalmente quando se trata de meios de transportes que são essenciais para a sociedade e que conseqüentemente são considerados uma das maiores atividades econômicas do país (LEITÃO, 2016).

A redução do tempo de parada das aeronaves também pode levar não somente aos prejuízos econômicos, bem como a outros possíveis problemas relacionados aos equipamentos que se encontram parados, tais como acúmulo de resíduos, perda de lubrificação, dentre outros (MUNIZ, 2014).

Uma outra finalidade se refere ao tempo de vida útil da aeronave, sendo considerado um dos mais importantes, tendo em vista que as manutenções de quaisquer espécies prolongam a vida do equipamento, isto desde que estas sejam realizadas periodicamente e de forma correta (COSTA, 2014).

Outras finalidades são aumento da produtividade e dos lucros, ambos se complementam, tendo em vista que se ocorre produtividade é porque determinados equipamentos se encontram em pleno funcionamento, além disso, a produtividade é o principal fator que



leva a lucratividade, portanto, se existe produção conseqüentemente haverá lucratividade (LEITÃO, 2016).

Em ambas percebe-se que geram economia para os responsáveis pelas máquinas e equipamentos. Assim, realizar as manutenções preditivas se tornam cada vez mais comuns em diversos âmbitos, justamente por contribuírem com uma economia significativa em relação aos custos (OLIVEIRA, 2015).

Consiste em um tipo de manutenção que é classificada em uma monitoração de rotina, voltada para manter o desempenho e condições dos equipamentos e máquinas no decorrer de seu funcionamento. Onde geralmente é aplicada com o intuito de diminuir as probabilidades de ocorrência de falhas, desgastes de seu uso e demais danos gerais (MORO, 2014).

Sendo assim, a manutenção preditiva conta com técnicas importantes e dentre estas se encontram a análise de vibração; ultrassom; inspeção visual e as técnicas de análise não destrutivas, cada uma utilizada conforme suas especificidades na manutenção preditiva (BERNARDES, 2014).

A Análise de vibração é considerada uma das técnicas mais completas para o diagnóstico de problemas mecânicos, sendo obrigatória nas manutenções preditivas, pois identifica a causa do problema desde sua origem. (LEITÃO, 2016).

A Termografia se refere a uma técnica que possibilita verificar a olho nu radiações infravermelhas com a irradiação de corpos acima de zero. Consiste em uma técnica que identifica as possíveis alterações de temperatura, resultando em uma imagem térmica (OLIVEIRA, 2015).

A técnica de termografia é muito utilizada em situações de aumento de temperatura, colabora com a manutenção preditiva evitando uma série de riscos que podem colocar o equipamento em parada e danos de peças. Além disso, se refere a uma técnica que permite que sejam identificadas falhas específicas à temperatura do veículo ou máquina (COSTA, 2014).

A análise de óleo é uma outra técnica utilizada na manutenção preditiva, analisa especificamente a lubrificação dos equipamentos, seu uso deve ser específico nas rotinas de manutenção preditiva, e deve objetivar colher informações acerca das condições dos equipamentos e em conformidade com a situação do lubrificante (LEITÃO, 2016).

A análise do óleo na manutenção preditiva também é considerada uma das mais importantes pois detecta a qualidade do óleo, resíduos que possam existir e conseqüentemente levar os equipamentos a apresentar problemas se não trocados em tempo hábil, pois sabe-se que lubrificantes quando deixam de entrar em funcionamento podem levar as peças a entrar em atrito (COSTA, 2014).

Para Santos (2014, p.25):

Todas as técnicas de manutenção preditiva são importantes, mas a do óleo em especial é uma das essenciais, tendo em vista que sua finalidade é evitar o trancamento do motor, que as peças sejam lubrificadas e que não ocorram atritos entre estas e que conseqüentemente levam ao desgaste das mesmas. Assim, o referido autor destaca que é relevante que o óleo seja trocado no período correto, pois a proporção que o mesmo é utilizado, ele vai perdendo sua viscosidade e conseqüentemente perde a potencialidade de lubrificação das peças.

A Ultrassom se refere a uma outra técnica muito utilizada na manutenção preditiva, ela tem a finalidade de detectar intercorrências como vazamentos, analisando as suas frequências por meio de ondas sonoras que são audíveis ao ouvido do ser humano, além de detectar falhas que são invisíveis a visão (BERNARDES, 2016).

A técnica de ultrassom, geralmente tem a finalidade de detectar problemas inerentes a vazamentos e compressão de ar, condições de lubrificação, rolamentos e engrenagens, além de problemas elétricos e ruídos que tem como causa efeito corona. Além disso, se refere a uma técnica que pode ser aplicada de diversas formas, devendo ser manuseado adequadamente (PETRILLI, 2015).

Diante do que foi exposto, ambas as técnicas são importantes para detecção de problemas que se referem a manutenção preditiva, visto que cada uma das técnicas descritas apresenta contribuição específica para a realização da manutenção preditiva. Em tempo, ressalta-se que sem as respectivas técnicas torna-se impossível realizar a manutenção preditiva, pois ela carece das técnicas para sua realização (LEITÃO, 2014).

As aeronaves são transportes de grande porte, que transportam uma grande quantidade de passageiros, sendo assim, precisam que estejam sempre em manutenção, pois além de servir à população, costumam movimentar a economia de todo mundo, levando a uma alta produtividade e lucratividade para os donos de empresas (BATISTA, 2013).

Sabe-se que, por ser uma utilidade pública as mesmas 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 desse tipo de transporte. A referida manutenção não é um conceito recente, mas é uma forma de prevenir antecipadamente os custos de uma parada inesperada de um transporte. 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).

Os resultados dos estudos encontrados mostram que a manutenção preditiva requer que os gestores possuam um sistema de gerenciamento para manutenção das tecnologias que são utilizadas nas aeronaves para realizar esse tipo de manutenção, visto que a maioria das empresas contam com pessoal capacitado e especializado para realizar a mesma. Assim, os equipamentos tecnológicos que são utilizados nestas, devem estar devidamente



calibrados para identificar as possíveis falhas e alterações que as máquinas possam vir a apresentar (MORO, 2016)

Em estudo realizado por Tremil (2020) ele refere que a manutenção em aeronaves deve ser pautada na segurança e confiabilidade, e conseqüentemente qualidade dos serviços prestados através de planos de manutenção que fornecem manutenções em dias e resultam na melhora do desempenho da aeronave e funções de seus componentes, promovendo segurança operacional para o voo.

No entanto Vieira (2021) destaca que as manutenções em aeronaves são executadas através de finalidades que envolvem a segurança do voo, maximizar a disponibilidade das aeronaves deixando-as sempre de prontidão para voar e minimizar os custos tendo em vista que as peças utilizadas tem valor alto, sendo crucial, que as aeronaves estejam sempre com suas manutenções em dias.

Sendo assim, Viana (2015) ressalta que é importante, visto que um dos maiores benefícios da manutenção preditiva é que esta é um dos principais indicadores para corroborar com o retorno de investimentos em aeronaves, tendo em vista que esse tipo de transportes 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. Todavia os estudo realizado por Silva (2020) destaca que as manutenções em aeronaves são essenciais, e não se referem somente a troca de peças, mas a limpeza e reabastecimento da aeronave que deve ser feito a cada voo. Sendo que estas se diferenciam para aeronaves de grande e pequeno porte.

Em complemento Xavier (2014) refere que 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.

No estudo de Santo (2020) sobre manutenção preditiva em aeronaves o mesmo ressalta que existem duas ferramentas importantes que auxiliam na manutenção e são assertivas na identificação de problemas, tendo em vista que os motores contam com modelos que não possibilitam aberturas para investigação profunda. Aspecto que minimiza altos custos e perdas cronológicas.

Os benefícios da manutenção preditiva refletem principalmente na longevidade das aeronaves, 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 da aeronave, mas também dos colaboradores que operam tais transportes. 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 (BERNARDES, 2015).

Vale mencionar, que estas também aumentam a produtividade da aeronave, pois a

realização da manutenção quando realizada a longo prazo, torna-se um compromisso que resulta em recompensas grandiosas. Contudo, esta ainda é capaz de oferecer tranquilidade para os gestores que precisam criar cotidianamente estratégias de manutenção

Sendo assim, percebe-se o quão as manutenções em aeronaves são cruciais para segurança de todos e conseqüentemente na redução de custos.

3. CONCLUSÃO

Ao final do presente estudo, todos os objetivos foram alcançados, observando que a manutenção preditiva em aeronaves é essencial. Sendo assim, observou-se que a 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.

De modo geral, 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 aeronaves apresentarem quaisquer riscos de defeitos, justamente por esta prever.

Neste sentido, cabe destacar 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.

Referências

- ALMEIDA, M. T. Manutenção Preditiva: **Confiabilidade e Qualidade**. 2014. Disponível em: . Acesso em 28 março de 2022 às 13:30.
- BATISTA, J.J. **Manutenção preditiva e sua importância para funcionamento dos motores**. Santa Catarina.UFSC, 2013.
- BERNARDE, C.A. **Importância da manutenção preditiva e preventiva em motores de aeronaves**. Maranhão. IFMA, 2016.
- CORREA, A.N. **Manutenção de motores e lubrificantes**. Campinas. Anhanguera, 2014.
- COSTA, A.P.G. Técnicas de manutenção preditiva para motores aeronaves. Fortaleza. UNIFOR, 2014.



- FERREIRA, F.T. **Análise de óleo lubrificante**. Artigo. São Paulo. Anahnguera, 2015.
- LEITÃO, J.G. **Importância da Manutenção Preditiva em Aeronaves** Artigo. IFMA. São Luís, 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: 26/03/2022.
- MUNIZ, M.S. **Manutenção Preditiva: máquinas de pequeno e grande porte**.Artigo. Maranhão. IFMA, 2014.
- PETRILLI, E. L. **Manutenção Preditiva em meios de transporte de grande porte**. Apostila. Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial. Tatuí, 2015.
- SANTOS, M.L. **Avaliação da longevidade de máquinas de uma indústria de cimento submetidas a manutenção preditiva**. IFMA. Santa Inês, 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.
- SANTO, E.C.E. **Gestão da Manutenção Preditiva para Motores Aeronáuticos**. 2020. Disponível: <http://izabelahendrix.edu.br/congresso/anais/2020/engenharia/435-471-manutencao-preditiva.pdf>. Acesso: 20/05/2022.
- SANTOS, A.J. **Manutenção preditiva em aeronaves**. Artigo. Maranhão. IFMA, 2014. SILVA, V.P. **Segurança de voo: a importância da manutenção de aeronaves**. Goiânia.2020. Disponível: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/553/1/Vitor%20artigo%202020-12-09%20final%20Entregar.pdf>. Acesso: 20/05/2022.
- TREML, J.E. **A importância da manutenção centrada na confiabilidade para o aumento da segurança na aviação**. Palhoça, 2020. Disponível; https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8162/1/JORGE_EWALD_O_TREML-%5B60648-685-8-869947%5DAD2_V3.pdf. Acesso:15/05/2022.
- VIEIRA, M.G. **Tipos de manutenção aeronáutica**. São Carlos, 2021.
- XAVIER, P.S. **A necessidade da manutenção preditiva para vida útil do equipamento: conceitos e aspectos**. Santa Catarina. UFSC, 2014.

CAPÍTULO 29

INFLUÊNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NOS RESULTADOS DAS ORGANIZAÇÕES

*INFLUENCE OF MAINTENANCE MANAGEMENT ON ORGANIZATIONAL
RESULTS*

Sidiney Castro do Nascimento¹

Ana Oliveira²

1 Engenharia Mecânica, Instituição Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

2 Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Nota-se que as atividades de manutenção, ainda são costumeiramente colocadas em segundo plano nas organizações, e, independente do modelo de gestão de manutenção, é notório que este fator exerce influência direta nas estratégias e atividades de assistência, através de um processo integrado e amplo, sendo crucial às soluções no processo produtivo e competitivo das empresas. Desta forma, no âmbito da estratégia empresarial, questiona-se: qual a influência da gestão da manutenção nos resultados das organizações? Para isso, o objetivo geral desta pesquisa foi de verificar quais as influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações industriais. Utilizou-se a revisão bibliográfica descritiva como método de pesquisa, onde a busca na literatura foi realizada a partir das bases de dados Google acadêmico e Biblioteca Eletrônica Científica Online – SCIELO, e período escolhido para a análise dos artigos, livros acadêmicos e arquivos especializados, foram de 2011 a 2021. Logo, pode-se verificar as principais influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações industriais, sendo estas: excelência organizacional; gestão de custos e economia; mais competitividade; qualidade dos seus produtos ou serviços; flexibilidade dos processos; e a maior valorização dos seus recursos humanos. Bem como, resultando na disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos.

Palavras-chave: Manutenção. Gestão da Manutenção. Sucesso Organizacional.

Abstract

It is noted that maintenance activities are still usually placed in the background in organizations, and, regardless of the maintenance management model, it is clear that this factor has a direct influence on assistance strategies and activities, through an integrated process and broad, being crucial to the solutions in the productive and competitive process of the companies. Thus, within the scope of business strategy, the question is: what is the influence of maintenance management on the results of organizations? For this, the general objective of this research was to verify the influences of maintenance management on the results of industrial organizations. A descriptive bibliographic review was used as a research method, where the literature search was carried out from the databases Google Academic and Online Scientific Electronic Library - SCIELO, and the period chosen for the analysis of articles, academic books and specialized files, were from 2011 to 2021. Therefore, it is possible to verify the main influences of maintenance management on the results of industrial organizations, namely: organizational excellence; cost management and savings; more competitiveness; quality of your products or services; process flexibility; and greater appreciation of its human resources. As well, resulting in equipment availability, reliability and productivity.

Keywords: Maintenance. Maintenance management. Organizational Success.

1. INTRODUÇÃO

Nota-se que as atividades de manutenção, ainda são costumeiramente colocadas em segundo plano nas organizações, e, independente do modelo de gestão de manutenção, é notório que este fator exerce influência direta nas estratégias e atividades de assistência, através de um processo integrado e amplo, sendo crucial às soluções no processo produtivo e competitivo das empresas.

Faz-se necessário que os gestores entendam a importância e contribuições da produção nas estratégias competitivas, que pode ser um diferencial no atual modelo de mercado. Para isso, uma boa gestão de manutenção é fundamental para as organizações, a fim de evitar situações adversas, principalmente por realizarem somente manutenções corretivas, que requerem muito mais recursos.

Desta maneira, tal pesquisa torna-se relevante, pois a gestão da manutenção nas organizações, cogita ser um fator potencial que interfere diretamente nos resultados operacionais obtidos. Percebe-se que boa parte dos custos com manutenção é desperdiçado, e estes desperdícios advêm da ocorrência de manutenções desnecessárias ou realizadas inadequadamente, sendo evidente o seu impacto sobre a produtividade e especificamente sob o lucro.

O que deste modo, faz-se necessário analisar a gestão da manutenção como um fator que interfere diretamente nos resultados das organizações. Visto que o resultado da gerência ineficaz da manutenção representa uma perda financeira relevante aos cofres das organizações e além da perda de tempo de produção ou conseqüentemente na qualidade do produto final, o que incide na habilidade de manufaturar produtos de alta qualidade e que sejam competitivos a nível do mercado mundial.

Apesar de a gestão da manutenção exigir um investimento inicial significativo, é notório que esta proporciona um ótimo custo-benefício a médio e longo prazo, por ser uma excelente ferramenta de planejamento estratégico, desenvolver mecanismos e metodologias que asseguram a previsibilidade de possíveis interrupções por falhas e para realização de manutenções dos equipamentos, acarretando no aumento da vida útil dos equipamentos, previne acidentes de trabalho, garante a produção contínua e principalmente controla os custos operacionais, o que significa em mais economia para as organizações. Desta forma, no âmbito da estratégia empresarial, questiona-se: qual a influência da gestão da manutenção nos resultados das organizações?

Para isso, o objetivo geral desta pesquisa foi de verificar quais as influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações industriais. E os objetivos específicos foram de apresentar os conceitos e técnicas que compõem a gestão da manutenção; apontar quais os tipos de manutenções, as suas finalidades e discorrer acerca dos seus indicadores; e demonstrar como e quais as influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

Utilizou-se a revisão bibliográfica descritiva como método de pesquisa, reunindo a literatura teórica. Com a finalidade de apresentar conceitos, revisar teorias e verificar discursos científicos valiosos, baseados em estudos detalhados, confiáveis e importantes para discutir acerca da temática abordada.

Inicialmente, realizou-se a elaboração da pergunta norteadora. Posteriormente, a busca na literatura foi realizada a partir das bases de dados Google acadêmico e Biblioteca Eletrônica Científica Online – SCIELO. O período escolhido para a análise dos artigos, livros acadêmicos e arquivos especializados, foram de 2011 a 2021, a fim de resgatar atualizações recentes e que melhor embasam esta temática. Para tanto, utilizou-se os descritores “Manutenção, Gestão da Manutenção, e Sucesso Organizacional”.

Por fim, foi agrupado os estudos que atenderam aos critérios de inclusão correspondente, que foram artigos que apresentassem em seu conteúdo obrigatoriamente a influência da gestão da manutenção nos resultados das organizações, sendo estas fontes de âmbito nacional, de caráter qualitativo ou descritivo, com desenhos experimentais, estudo exploratórios ou observacionais, e além de revisões de literatura, que se encontram disponíveis na íntegra da internet.

2.2 Resultados e Discussão

A gestão da manutenção é um processo de supervisão e monitoramento do funcionamento regular de recursos técnicos, tais como as máquinas, instalações, equipamentos industriais e as ferramentas no quadro produtivo. Proporcionando que todo o processo produtivo se desenvolva de forma padronizada e premeditada, evitando a ocorrência de contratempus (PEREIRA, 2011).

Palmeira (2015), ressalta que toda a instalação industrial está passiva de desgaste dos seus equipamentos, e é indispensável que as suas instalações e máquinas sejam conservadas em plenas condições de executar as suas funções, e assim assegurando o bom funcionamento da empresa. As ações que constituem a manutenção, dispõem da execução de inspeções, rotinas previstas, reparações, substituições, limpezas, correção de falhas, produção de componentes, pinturas e dentre outras.

A manutenção ainda pode ser definida como um conjunto de ações que objetivam principalmente assegurar o bom funcionamento das instalações e do maquinário, evitando que ocorra perda de rendimento ou avarias, e, além de que, se ambas vierem a acontecer, é possível disponibilizar repostas operacionais de forma breve, a custo global otimizado e até levar em conta os impactos ambientais (SANTOS, 2021). Já que na atualidade, a manutenção é marcada pelo grande desafio de não só garantir a competência funcional dos equipamentos, mas, alcança-la empregando o mínimo de recursos (PINTO, 2013).

Evidencia-se que esta faz parte de um dos setores mais importantes nas empresas, dispondo de técnicas e soluções inovadoras, o que resulta na criação de um elo entre estratégia e operação dos processos, a fim de alcançar os objetivos e metas, por proporcionar serviços e produtos com mais valor agregado e confiáveis (XAVIER, 2015).

A manutenção dispõe de indicadores, tal como de performance ou desempenho, dos quais Santos et al., (2019), os definem como:

Um conjunto de informações que buscam medir e melhorar os processos, com o intuito de aumentar a eficiência e a produtividade de uma empresa. Normalmente conhecidos como KPI's, que em inglês significa *Key Performance Indicators*, eles propõem modelos que visam a prevenção e a resolução dos problemas mais diversificados que possam ocorrer no âmbito de uma organização (SANTOS et al., 2019, p. 111).

Além de possuir ações destinadas a garantir que as máquinas e instalações, possam ser intervencionadas nas ocasiões e no alcance correto. Destacando que a manutenção é uma necessidade absoluta, e advém da Primeira Guerra Mundial, devido à grande necessidade de assegurar as demandas de produção e a maior requisição da indústria (CABRAL, 2013).

Em uma época que os operários realizavam as reparações e solucionavam os problemas quando ocorriam as falhas, o que culminou a criação de equipas de trabalhadores especialistas em reparações de equipamentos, garantindo que estes, aperreassem em níveis aceitáveis de funcionamento e de conservação (ALMEIDA, 2019).

Faz-se importante caracterizar historicamente a manutenção, e Barboza (2020) dispõe de colocações importantes acerca da sua evolução, fases e principais caracterizas, como mostra a tabela a seguir.

| Período | Tipo de Manutenção | Características |
|-----------------|-----------------------------------|--|
| 1750-1914 | Manutenção improvisada | Tipo "quebra-repara" |
| 1914-1930 | Manutenção Corretiva | Sem planejamento, sem controle |
| 1930-1950 | Manutenção Preventiva + Corretiva | Com planejamento, sem controle |
| 1950-1970 | Engenharia de Manutenção | Com planejamento, com controle |
| 1970-atualidade | Manutenção Preditiva | Análise de sintomas Análise estatística Processamento digital de dados |
| Futuro | Manutenção Preditiva Contínua | Medição contínua de sintomas com centros de diagnósticos |

Tabela 1 - Histórico e evolução da manutenção
Fonte: Barboza (2020)

Em síntese, compreende-se que a partir da década de 40, é que a manutenção se tornou relevante e passou a ser alvo de estudos, sofrendo grandes alterações, mas, ela sempre esteve presente na sociedade. Divide-se a sua evolução em três gerações, sendo a primeira geração decorrente da Segunda Guerra Mundial, constituída exclusivamente por intervenções de urgência e reparação de avarias nos equipamentos, quando indisponíveis (XAVIER, 2015).

Ocorreu a segunda geração na década de 50, em um momento em que a indústria se depara com o desafio da competitividade, sendo imprescindível diminuir o tempo de indisponibilidade dos equipamentos, e assim, passou-se a armazenar estoques dos componentes que mais desgastavam, a fim de diminuir o tempo empregado na manutenção curativa. A terceira geração, sucedeu-se nos anos 70 com o advento da eletrônica, adotando estratégias de manutenção programada, com o objetivo de evitar paradas inesperadas e planejar manutenções preventivas nas indústrias (ALMEIDA, 2018).

Posteriormente e com o avanço tecnológico acelerado, passou-se a monitorar as máquinas por meio da instalação de sensores e dentre outros dispositivos, que avalia as condições de funcionamento do maquinário, coletando dados e os processando através de um controlador programável que disponibiliza as informações monitorizada na interface dos softwares (COSTA, 2013).

De acordo com Pinto (2013), a manutenção compõe um setor que exerce uma extensa influência e é importante para os processos produtivos em geral, caracteriza-se como uma forte aliada na gestão industrial, proporciona disponibilidade operacional, planejamento e gestão da produção.

Ainda sobre a sua importância no âmbito empresarial, Freitas (2016), aponta que:

A adoção de uma estratégia de manutenção é uma decisão gerencial, deve estar integrada com as metas de produção, favorecendo aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e máquinas, redução dos custos, aumento do faturamento e da segurança ambiental e pessoal, entre outros. E a melhor manutenção será a combinação mais adequada dos vários métodos, de acordo com a natureza e criticidade do equipamento para a produção. Visto que o trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro que um trabalho não-planejado, e será sempre de melhor qualidade (FREITAS, 2016, p. 29).

Assim, pode-se dizer que o principal papel da manutenção é manter a disponibilidade e otimização dos equipamentos, gerenciar os recursos, eliminar os riscos e reduzir a ocorrência de defeitos das máquinas, com o intuito de manter um alto padrão de qualidade na produção, além da maximização operacional com a participação de todos os envolvidos (PEREIRA, 2011).

Sendo imprescindíveis os diversos tipos de manutenção, seguindo um plano de gestão. Utilizando métodos abrangentes e específicos, a fim de reduzir continuamente as perdas no sistema produtivo e aperfeiçoamento do pessoal, que venham a contribuir positivamente para a estrutura empresarial, extremamente relevantes para os meios de produção e da qualidade dos produtos e serviços (SANTOS et al., 2019).

Com o intuito de acompanhar as variáveis e parâmetros no âmbito do desempenho das máquinas e equipamentos, a fim de definir o momento correto da intervenção, prezando pelo máximo de aproveitamento do ativo. O que resulta em benefícios como a melhoria da produtividade, qualidade do produto, lucro e dentre outros (FREITAS, 2016).

Ademais, os tipos de manutenção são apontados como formas de direcionamento das intervenções nos equipamentos de produção. Os principais tipos de manutenção: a

corretiva, detectiva, a preventiva e a manutenção preditiva. Inicialmente, a manutenção corretiva, é definida como uma técnica de gerência reativa, nesta modalidade, espera-se pela falha da máquina ou do equipamento, antes de realizar qualquer ação de manutenção. É o método mais caro de gerência de manutenção, além de acarretar em alto custo de estoques de peças sobressalentes, muito tempo de indisponibilidade da máquina, elevados custos de trabalho extra e conseqüentemente uma baixa na produção (PEREIRA, 2011).

A manutenção preventiva é um método programado para realizar-se antes que ocorra a necessidade de reparo de uma máquina, equipamento ou edifício. Desenvolvida através de uma programação, dispendo de datas pré-determinadas, critérios técnicos determinados pelo fabricante e/ou fornecedor do material ou da máquina utilizada e deve-se registrar todas as atividades executadas durante a realização desta manutenção preventiva. Como também, cabe ressaltar que ela é um planejamento de intervenção que determina a periodicidade da manutenção a fim de reduzir a quantidade de operações e conseqüentemente os custos advindos da manutenção (CABRAL, 2013).

Também tem a modalidade de manutenção detectiva, que é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (PALMEIRA, 2015).

Já acerca da manutenção preditiva, esta caracteriza-se como o acompanhamento periódico dos equipamentos ou máquinas, utilizando-se os dados coletados através do monitoramento ou inspeções. Onde, de acordo com as análises de desgaste ou do estado de degradação de um equipamento, é estabelecido as suas reais condições de uso. Assim, é possível pressupor o seu tempo de vida útil, seja dos componentes das máquinas e equipamentos ou também das condições que se possa aproveitar esse tempo de vida útil ao máximo. Este método é embasado pela alteração dos parâmetros de condição ou desempenho da máquina ou do equipamento, e este acompanhamento segue uma sistemática específica das condições reais dos equipamentos (XAVIER, 2015).

No entanto, visto que o mercado atual é marcado pela concorrência acirrada entre as empresas, o que se faz necessário emergir cada vez mais modelos de gestão estratégica, que sejam bem estruturados e que possibilitem a redução dos custos no processo produtivo. Evitando quedas na produtividade, e proporcionando em mais qualidade e confiabilidade dos bens e serviços produzidos (SOEIRO; OLIVIO; LUCATO, 2017).

Desta forma, faz-se importante demonstrar como e quais as influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações. Onde, os principais resultados encontrados nos estudos, estão dispostos no quadro 02 a seguir:

| REFERÊNCIA | TEMA | METODOLOGIA | RESULTADOS |
|-------------|---|-------------------|---|
| RAMOS, 2012 | ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL APLICAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICA ÀS FABRICAS LUSITANA - PRODUTOS ALIMENTARES, S.A. | Pesquisa de campo | + qualidade dos seus produtos ou serviços; + competitividade; + flexibilidade dos seus processos e a formação e valorização dos seus recursos humanos |

| | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------|---|
| FLÜGEL SOBRINHO, 2012 | MANUTENÇÃO X PRODUTIVIDADE: A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O AUMENTO DA PRODUTIVIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE MANUFATURA DE MADEIRA | Pesquisa de campo | + equipamentos com tempo disponível para a produção, utilizando menos recurso e com menos custo e quando ocorrer uma quebra resolver em menos tempo possível |
| COSTA, 2013 | GESTÃO ESTRATÉGICA DA MANUTENÇÃO: UMA OPORTUNIDADE PARA MELHORAR O RESULTADO OPERACIONAL | Pesquisa de campo | + excelência organizacional |
| PALMEIRA, 2015 | ESTUDO DE MELHORIA DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UM TERMINAL PETROLÍFERO | Pesquisa de campo | + ganhos significativos tanto ao nível quantitativo (utilização mais racional de todos os recursos) como também qualitativo (aumento da motivação, segurança e disciplina organizacional) |
| XAVIER, 2015 | MANUTENÇÃO COMO ATIVIDADE DE GESTÃO E ESTRATÉGIA: UM ESTUDO NA EMPRESA ALFA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS | Pesquisa de campo | + eficácia nos processos produtivos de forma estratégica; + disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos de maneira eficiente |
| FREITAS, 2016 | ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO EM UMA PEQUENA EMPRESA DO SETOR METAL MECÂNICO DE JUIZ DE FORA COM BASE NOS CONCEITOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA | Pesquisa de campo | + ganhos significativos para a organização; + organização do sistema de manutenção |
| WANIS et al., 2016 | APLICABILIDADE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS | Pesquisa de campo | - paradas não planejadas das máquinas; + disponibilidade dos equipamentos da empresa |
| GONÇALVES, GONÇALVES e CARVALHO, 2017 | GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE FORMA ESTRATÉGICA EM UMA EMPRESA METAL – MECÂNICA | Pesquisa de campo | + redução de gastos |
| VENTURA e PLAZZI, 2017 | APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO GERENCIAMENTO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL PARA MELHORIA E CONSOLIDAÇÃO DE RESULTADOS - ESTUDO DE CASOS | Pesquisa de campo | + consolidação dos seus resultados; + competitividade |
| FIGUEIRA, PEREIRA e FERREIRA, 2020 | IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE MÓVEIS HOSPITALARES | Pesquisa de campo | - paralisação das máquinas |

Tabela 2 - Principais resultados dos estudos selecionados na pesquisa
 Fonte: Santos (2021)

Em síntese, sabe-se que todas as máquinas, equipamentos e sistemas possuem um ciclo de vida que vai da construção, utilização, depreciação total e até o descarte, ressalta-se, portanto, que esse período varia muito com base no tipo de manutenção aplicada. Sendo notório que a gestão da manutenção é importantíssima na decisão do tipo adequado de manutenção para o equipamento e que através dela é possível apontar os padrões de manutenção apropriado (SOBRINHO, 2012).

Assim, cabe ressaltar que uma organização não deve buscar melhorar somente os seus indicadores empresariais, deve-se trabalhar em cima de um processo evolutivo em todos os setores e de forma mais rápida que a concorrência. Com o intuito de gerar vantagens competitivas, por meio de decisões assertivas acerca da aplicação correta em investimentos e recursos, visando contribuir positivamente com os resultados operacionais da empresa (SANTOS, 2021).

Em que para isso, o gerenciamento da manutenção deve ser de excelência, a fim de conservar o parque fabril trabalhando dentro da sua maior eficiência e confiabilidade dos equipamentos, além de resultar na maior qualidade, flexibilidade, rapidez e custo para o cliente (SANTOS; PACHECO, 2016).

A partir do então, é possível verificar os benefícios da gestão de manutenção. Para Ramos (2012), a capacidade de programar a realização de um determinado reparo para um momento em que este ocasionará o custo mínimo e o impacto possível sob a produção, como a característica principal da gestão manutenção. Objetiva-se impedir que aconteça falhas nas máquinas ou sistemas, pois, é acompanhado diferentes parâmetros, refletindo na disponibilidade do equipamento para operações e por mais tempo. Esta permite que a parada necessária para manutenção, ocorra de forma planejada, mais precisa e efetiva, o que incide diretamente na redução dos altos custos advindos da manutenção reativa ou corretiva.

Torna-se evidentes os ganhos em todos os setores da empresa, devido este método de gestão permitir definir previamente a origem e a criticidade do problema, e evitando que se transforme em uma falha catastrófica. Proporcionando a análise em tempo real de dados de séries temporais e aproveitando melhor a mão de obra das equipes de manutenção. Assim reduzindo a inatividade e as falhas de dispositivos, além de expressivas reduções nos custos (SOEIRO; OLIVIO; LUCATO, 2017).

Segundo Ventura e Plazzi (2017), gerir a manutenção corretamente, promove a capacidade de se programar os reparos, de forma que este resulte no menor impacto possível sobre a produção, evitando gastar tempo e demais recursos em uma possível manutenção corretiva, o que se torna essencial no âmbito dos resultados organizacionais e em um mercado competitivo. Bem como, melhorando a segurança dos processos, equipamentos, instalações e pessoas; preservação ambiental; aumentando a vida útil dos componentes, equipamentos e instalações; e contribuindo para o faturamento e lucro da empresa.

Além do que a gestão da manutenção está em constante evolução, pois, é uma ferramenta indispensável, utilizada pelas empresas a fim de reduzir custos e aumentarem a sua capacidade competitiva no mercado. Proporcionando benefícios significativos em qualquer política de gestão de manutenção, resultando na expansão do aproveitamento e conseqüentemente na vida útil das máquinas, equipamento ou sistemas empregues nos processos produtivos (COSTA, 2013).

Pode-se verificar a importância da gestão da manutenção nos resultados das organizações, onde, os seus principais benéficos, são antecipar a necessidade de serviços de manutenção das máquinas, equipamento ou sistemas. Além de reduzir as chances de desmontagem desnecessária, diminuir as paradas de emergência, aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos, a confiabilidade do desempenho, determinar previa-



mente interrupções de produção, economia para as organizações e dentre outros benefícios (SANTOS; PACHECO, 2016).

Ademais, a boa gestão da manutenção sempre será um fator benéfico, seja como uma ferramenta auxiliar, no fornecimento de dados dos aparelhamentos e instalações ou como sendo um instrumento determinante para a maximização da utilização de recursos, devidamente embasada pelos indicadores de vida útil dos equipamentos e incide diretamente na qualidade de processos e produtos (GONÇALVES; GONÇALVES; CARVALHO, 2017).

Por fim, justifica-se a sua contribuição dentro de uma ampla avaliação das empresas e do modelo atual de mercado, marcado pela extrema competição em âmbito global. De forma que ao proporcionar mais eficácia nos processos produtivos, a empresa torna-se mais flexível em sua resposta aos clientes e às condições exigidas pelo mercado, atendendo aos fatores como rapidez, confiabilidade de entrega, flexibilidade e a vantagem em custo (FIGUEIRA; PEREIRA; FERREIRA, 2020).

3. CONCLUSÃO

Pode-se verificar as principais influências da gestão da manutenção nos resultados das organizações industriais, sendo estas: excelência organizacional; gestão de custos e economia; mais competitividade; qualidade dos seus produtos ou serviços; flexibilidade dos processos; e a maior valorização dos seus recursos humanos. Bem como, resultando na disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos equipamentos de maneira eficiente, utilizando menos recurso e com menos custo e quando ocorrer uma quebra/falha, conseguir resolve-los em menos tempo possível.

Assim, sendo possível responder a problemática investigada e os objetivos inicialmente delimitados, pois foi possível compreender a importância da gestão da manutenção e observou-se também os tipos específicos de manutenção, como a corretiva, detectiva, preventiva e a manutenção preditiva, tal como as suas finalidades e indicadores, que são essências para uma boa gestão e organização do sistema de manutenção, refletindo diretamente nos resultados das organizações, pois resulta em ganhos significativos.

Neste interim, cabe ressaltar que a gestão da manutenção requer planejamento, execução e supervisão contínua para manter tais resultados positivos e atuar como uma ferramenta de gestão multidisciplinar nas organizações. Por fim, no âmbito acadêmico, é imprescindível que sejam desenvolvidas novas pesquisas e estudos na área da gestão manutenção, visando enriquecer este campo, visto que esta é essencial para a sobrevivência das organizações em um ambiente globalizado e sua importância independe do segmento de atuação das mesmas.

Referências

- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Gestão da manutenção: Aplicado às áreas industrial, predial e elétrica**. Editora Érica; 1ª ed. 2018.
- BARBOZA, Tiudorico Leite. Um histórico da manutenção e conceitos sobre sua função. **Revista Marítima Brasileira**. v. 138 n. 10/12 (2018): O Primeiro Grande Passo do Prosub. 2020. Disponível em: <https://www.portaldeperiodicos.marinha.mil.br/index.php/revistamaritima/article/view/173>. Acesso em: 05 mar. 2022.
- CABRAL, José Paulo Saraiva. **Gestão da Manutenção de equipamentos, instalações e Edifícios**. Lidel; 3ª, 2013.
- COSTA, M. A. **Gestão estratégica da manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional**. Monografia (Bacharelado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.
- FIGUEIRA, Daniel da Silva; PEREIRA, Vitor Alves e FERREIRA, Bruno Fagundes. **Implantação da gestão da manutenção em uma indústria de móveis hospitalares Ortomed Hospitalar Indústria e Comércio LTDA**. TCC. Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC-Goiás, Goiânia, Brasil. 2020.
- FLUGEL SOBRINHO, João Carlos. **Manutenção x Produtividade: A importância da gestão da manutenção para o aumento da produtividade em uma indústria de manufatura de madeira**. 2012. 57 folhas. Monografia de Especialização em Gestão Industrial – Produção e Manutenção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.
- FREITAS, Laís Fulgêncio. **Elaboração de um plano de manutenção em uma pequena empresa do setor metal mecânico de Juiz de Fora com base nos conceitos da manutenção preventiva e preditiva**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.
- GONÇALVES, Giseli; GONÇALVES, Lucas Willian Nogueira e CARVALHO, Cleginaldo Pereira de. Gestão da manutenção de forma estratégica em uma empresa metal-mecânica. **XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.
- PALMEIRA, Tiago Miguel Duarte. **Estudo de Melhoria da Gestão da Manutenção de um Terminal Petrolífero**. Dissertação (Mestrado). Licenciatura em Ciências da Engenharia Mecânica. Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa. 2015.
- PEREIRA, Mário Jorge. **Engenharia de Manutenção**. Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro: 2011.
- PINTO, João Paulo. **Manutenção Lean**. Lisboa: LIDEL, 2013.
- RAMOS, Pedro Gonçalo Diniz. **Organização e Gestão da Manutenção Industrial: Aplicação Teórico-prática às Fabricas Lusitana – Produtos Alimentares, S.A.** Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2012.
- SANTOS, Cinara Gomes dos. Manutenção produtivatotal: 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. DOI: 10.21575/25254782rmetg2021vol6n21509. Acesso em: 01 out. 2021.
- SANTOS, Leandro Oliveira dos e PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Determinantes para o alinhamento entre a gestão da manutenção industrial e o planejamento estratégico. **Revista Ingeniería Industrial**, Año 15 N°1: 101-125, 2016. Disponível em: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/2545/3212>. Acesso em: 16 out. 2021.
- SANTOS, Luís Márcio Alves. et al. A Importância da manutenção industrial e seus indicadores. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 11, Vol. 01, pp. 108-128. Novembro de 2019. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/2019/12/manutencao-industrial.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2022.
- SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da manutenção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 208 p. 2017.
- VENTURA, Karen Marino e PLAZZI, Thaís Sagrillo. **Aplicação das ferramentas da qualidade no gerenciamento de manutenção industrial para melhoria e consolidação de resultados - estudo de ca-**

sos. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Produção. Faculdades Integradas de Aracruz- FAACZ. Aracruz, 2017.

WANIS, Ariel; et al. **Aplicabilidade da gestão da manutenção nos processos industriais.** TCC. Engenharia de Produção. Faculdade Multivix Cachoeiro de Itapemirim. 2016.

XAVIER, Francisco José Cavalcante. **Manutenção como atividade de gestão e estratégia: um estudo na empresa alfa do polo industrial de Manaus.** Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Belém, 2015.

Engenharia da Produção



CAPÍTULO 30

DEFINIÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE KPIS PARA O CONTROLE DE ATIVOS EM UMA COMPANHIA

*DEFINITION AND IMPLEMENTATION OF KPIS FOR ASSET CONTROL IN
A COMPANY*

Tereza Cristina Lira Araujo¹
Eduardo Mendonça Pinheiro²

1 Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís -MA

2 Mestre em Agroecologia, especialista em Engenharia de Produção, Professor, Faculdade Pitágoras, São Luís -MA

Resumo

Desde o momento em que os processos se tornam estáveis é possível imediatamente identificar suas perdas e ineficiências, tem-se a chance de aprender continuamente desde as melhorias. Apenas a inovação disruptiva não é satisfatória para conservar uma empresa competitiva ao longo do tempo, já que entre as consecutivas inovações, são imprescindíveis as atividades de melhorias contínuas para guerrear a tendência natural da degradação do sistema. Isso significa caminhar de uma determinada performance para a melhor performance. Com o intuito de fornecer dados que mensurem a performance da manutenção, propõe-se um conjunto de indicadores capazes de aferir o rendimento do processo de manutenção de uma companhia de alumina, onde o foco de implantação é dentro da manutenção, localizado em uma refinaria de Alumina, onde existe armazenamento e transporte de bauxita, alumina, soda cáustica, cal, hidrato e óleo BPF. Com base na análise do processo operacional da refinaria e planos preventivos, foi desenvolvido neste trabalho um estudo aprofundado acerca do uso de indicadores de performance de manutenção para o uso em todas as suas etapas. Tais indicadores dão um entendimento mais claro das relações internas entre essas etapas e facilitam a identificação dos problemas existentes.

Palavras chaves: Indicadores de manutenção; gestão de ativos; gerenciamento de manutenção.

Abstract

From the moment that the processes become stable, it is possible to immediately identify their losses and inefficiencies, having the chance to continuously learn from the improvements. Disruptive innovation alone is not satisfactory to keep a company competitive over time, since among consecutive innovations, continuous improvement activities are essential to combat the natural tendency of system degradation. This means moving from a certain performance to the best performance. In order to provide data that measure the performance of maintenance, a set of indicators capable of measuring the performance of the maintenance process of an alumina company, where the focus of implementation is within the maintenance, located in a refinery of Alumina, where there is storage and transport of bauxite, alumina, caustic soda, lime, hydrate and BPF oil. Based on the analysis of the refinery's operational process and preventive plans, an in-depth study was developed in this work about the use of maintenance performance indicators for use in all its stages. Such indicators give a clearer understanding of the internal relationships between these stages and facilitate the identification of existing problems.

Keywords: Daily management. Levels. Alignment. Performance.



1. INTRODUÇÃO

No cenário globalizado, onde a concorrência entre as organizações e empresas estão cada vez mais acirradas, existe a necessidade de constante de inovação. As organizações estão cada vez mais competitivas, frente a crescente concorrência e clientes cada vez mais exigentes. Esta inovação deve ser feita por motivo de sobrevivência no mercado, onde uma das ferramentas de maior relevância e importância que tem sido utilizada, é baseada na gestão de ativos e análises de falhas baseados em indicadores de performance. Para as organizações, a busca pela liderança de mercado tem sido seu principal foco na gestão de qualidade, metas ousadas têm sido traçadas nos últimos anos, estratégias de melhoria contínua dos processos juntamente com a mudança de cultura com finalidade de redução de desperdícios com o envolvimento de todos os integrantes das organizações, tem gerado resultados fantásticos. Desta maneira as organizações podem reduzir seus custos de produção, vindo a investir mais na qualidade de seus produtos ou serviços fornecidos e até ofertá-los a preço mais acessíveis ao consumidor, fortalecendo a marca no mercado. A proeminência de garantir a meta de entrega do produto final, transforma essa atividade um gargalo, uma vez que a disponibilidade operacional desses ativos impacta diretamente nessa entrega. Para desempenhar a atividade essenciais é necessário avaliar a mão de obra disponível, treinar e qualificar seus mantenedores, investir em inovações deixando possível a aplicação da manutenção com melhor rendimento e produtividade.

A qualificação e capacidade da mão de obra requer maior atenção, devido as particularidades do processo envolvido e à necessidade de adequação aos planos e metas operacionais. A tendência em se produzir o profissional no chão de fábrica da empresa, não preferencialmente buscá-lo no mercado, se traduz em incentivo e treinamentos internos para o desenvolvimento desses profissionais, visto que estes não se encontram disponíveis no mercado, com conhecimento específico para as atividades de manutenção da planta. Notou-se que os procedimentos e a compreensão para a realização das atividades estavam documentados em arquivos e/ou em uma biblioteca de manutenção. Além disso, ocorrem alterações constantes nas técnicas atuais e a procura de uma metodologia mais eficiente também colaboram para que o conhecimento se torne dinâmico, dessa forma todo e qualquer conhecimento adquirido não impede que o conhecimento seja documentado e revisado constantemente, promovendo assim uma gama de lições aprendidas em comparação aos métodos anteriores, que não geraram o resultado esperado, capazes de oferecer uma base de dados para que os mesmos erros e desvios não sejam recorrentes. O atual acervo de manutenção possui informações apropriadas para um controle eficaz, pois os mesmos controles e procedimentos atuais desempenham seu papel para qual foram elaborados – apresentar dados que mostrem a realidade das atividades de manutenção do setor. Isto ocorre porque a aplicação de objetivos chega à esfera máxima, não havendo objetivos particulares para os funcionários que estão diretamente envolvidos na manutenção, portanto as metas acabaram se transformando em controles do andamento da manutenção. Entende-se com isso que as metas do supervisor e da superintendência são os resultados da entrega da manutenção, sendo que a manutenção atualmente possui controles de cada das etapas de seu processo.

O processo de manutenção vem expondo várias falhas com relação ao planejado, e devido à falta de uma gestão visual de que apresente os controles específicos das técnicas de manutenção, existem dificuldades para a realização de um tratamento que seja

adequado e focado, uma vez que as atuais soluções propostas não vêm sendo capazes de eliminar os desvios locais da manutenção. Espera-se que este trabalho construa um conjunto de específicos indicadores para o processo, que tenham a capacidade de fornecer dados das necessidades de melhoria em qualquer alocação da manutenção, assim como a possível capacidade de fornecer uma avaliação de confiabilidade e desempenho dos ativos e equipes multidisciplinares, extraíndo os indicadores da área de manutenção, direcionando o foco para as atividades e equipamentos que realmente impactam na confiabilidade e disponibilidade operacional, minimizando os impactos e garantindo as metas operacionais. E que através da busca por um melhor desempenho nas grandes empresas, esses indicadores sejam capazes de quantificar e monitorar os processos, acabando com a subjetividade existente e facilitando a tomada de decisões. O objetivo principal deste trabalho é fornecer ao DMS ferramentas capazes de controlar e gerenciar as atividades de manutenção. Os essenciais indicadores utilizados serão desdobrados para explanar a realidade das tarefas de manutenção, revelando o desempenho, as falhas identificadas por processo, permitindo assim uma análise real das possíveis causas dos problemas enfrentados dia a dia, e a melhor maneira para, não apenas corrigi-los, mas sim eliminá-los.

Este trabalho teve como finalidade a realização de uma pesquisa bibliográfica e um estudo profundo como objetivo de compreender a utilização de indicadores - KPI's- dentro de uma companhia. A pesquisa foi explorada de uma forma geral, no qual foi possível demonstrar todos os pontos necessários que precisam ser atendidos, para que se possa alcançar o objetivo final do trabalho aqui disposto.

2. A ESTRUTURA DAS MANUTENÇÕES

Após anos de evolução, mudanças comportamentais do mercado levaram as manutenções para um degrau de maior relevância, com um peso significativo na definição das estratégias das corporações, pois a gestão de cenários dinâmicos como eficiência de processos e melhora da satisfação de clientes, torna-se fundamental para a sustentabilidade das organizações.

Para Paschoal et al. (2009) a manutenção é definida como uma combinação de ações técnicas, de supervisão e administração que são capazes de possibilitar que um equipamento ou sistema desempenhe a função para o qual foi projetado. Ela é um mal necessário, pois sua eficiência garante a disponibilidade e confiabilidade operacional dos equipamentos e melhora a competitividade da companhia. As manutenções são vistas como um princípio capaz de tornar a organização mais competitiva à medida que às necessidades dos clientes internos são atendidas e as metas de produção são alcançadas, assim é garantido que os equipamentos e instalações serão operados sem interrupção de produção e com operacionalidade segura, sem comprometer a integridade de seus operários.

A eficiência das manutenções depende da organização dos processos e de seu funcionamento consistente, e para tanto, a elaboração de um sistema de controle a ser desenvolvido deve ser projetado para suportar as decisões diárias por parte de toda a equipe envolvida e orientá-los para a distribuição e ataque aos verdadeiros focos, pois é através destas informações que se tem o domínio dos gargalos que impactam verdadeiramente na disponibilidade dos equipamentos. Até a era da revolução industrial as manutenções



fundavam-se em reparos emergenciais, após a falha. Com a criação da linha de produção de Henry Ford, foram desenvolvidas equipes e ferramentas de manutenção para mitigar os tempos de espera e a responsabilidade dos equipamentos deixaram de ser especificamente da operação. Ao longo do tempo foram surgindo as técnicas de predição, e com o tempo exigia-se mais controle das atividades de manutenção. As técnicas desenvolvidas ao longo desta evolução são aplicadas para medir a qualidade, produtividade, a disponibilidade e confiabilidade dos ativos.

Para Paschoal et al. (2009), a visão antiga da manutenção transforma sua atividade simplesmente na correção de componentes danificados, enquanto em uma visão atual seus objetivos são o de manter um sistema funcionando de acordo pelo qual foi projeto, e restaurá-los para sua condição inicial sempre que necessário, ou seja, executar uma manutenção de forma preventiva.

Alguns aspectos são comuns aos sistemas de supervisão da manutenção e são citados por Eti et al. (2006), entre eles, a recorrência de vários problemas, a baixa qualificação técnica, a falta do foco nas atividades planejadas e muitas vezes a ausência de um planejamento robusto, dificuldade de fortificação de uma cultura e de seus valores e dificuldade de implementar um método de manutenção eficaz. Entre todos os métodos os mais difundidos atualmente, está a MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade) cujo foco principal é preservar a integridade e funcionalidade dos equipamentos, ou seja, é uma poderosa ferramenta utilizada para designar “o que” e “quando” necessitam ser feitos os reparos para garantir a boa funcionalidade do equipamento. A equipe de manutenção são os responsáveis por garantir o nível de confiabilidade mínimo dos equipamentos de uma empresa, de forma que atenda às necessidades do plano operacional de produção. Ele deve ser capaz de garantir a organização, execução e qualidade dos processos de manutenção, e devem elaborar uma avaliação da utilização de técnicas de medição, análise e controle, e a partir de aí ajudar a sua liderança a estabelecer indicadores de controle e desempenho significativos, como ferramentas de melhoria contínua. Segundo Campos (1994) quando as quebras são reduzidas, a necessidade de trabalhos que não agregam valor fica próximas de zero e estas quebras só serão eliminadas pela ação das funções operacionais, por parte da equipe, e principalmente, por um conjunto de ações resultantes da atribuição de sua supervisão.

A necessidade da promoção de elevados níveis de confiabilidade dos equipamentos e das instalações, tem incorporado a utilização de técnicas científicas, entre elas a supervisão contínua – gerando um acúmulo de informações que serão utilizadas para averiguar o progresso de um aglomerado de atividades.

As estratégias de manutenção são difundidas em diversas, e não é objetivo deste trabalho o aprofundamento dos detalhes destas. Abaixo está a descritiva dos principais tipos de manutenção que são contextualizados dentro do ambiente em que este trabalho está sendo desenvolvido. Branco Filho (2008) em seu trabalho descreveu as principais subdivisões da manutenção. O organograma abaixo mostra de forma resumida as características de cada tipo de manutenção:

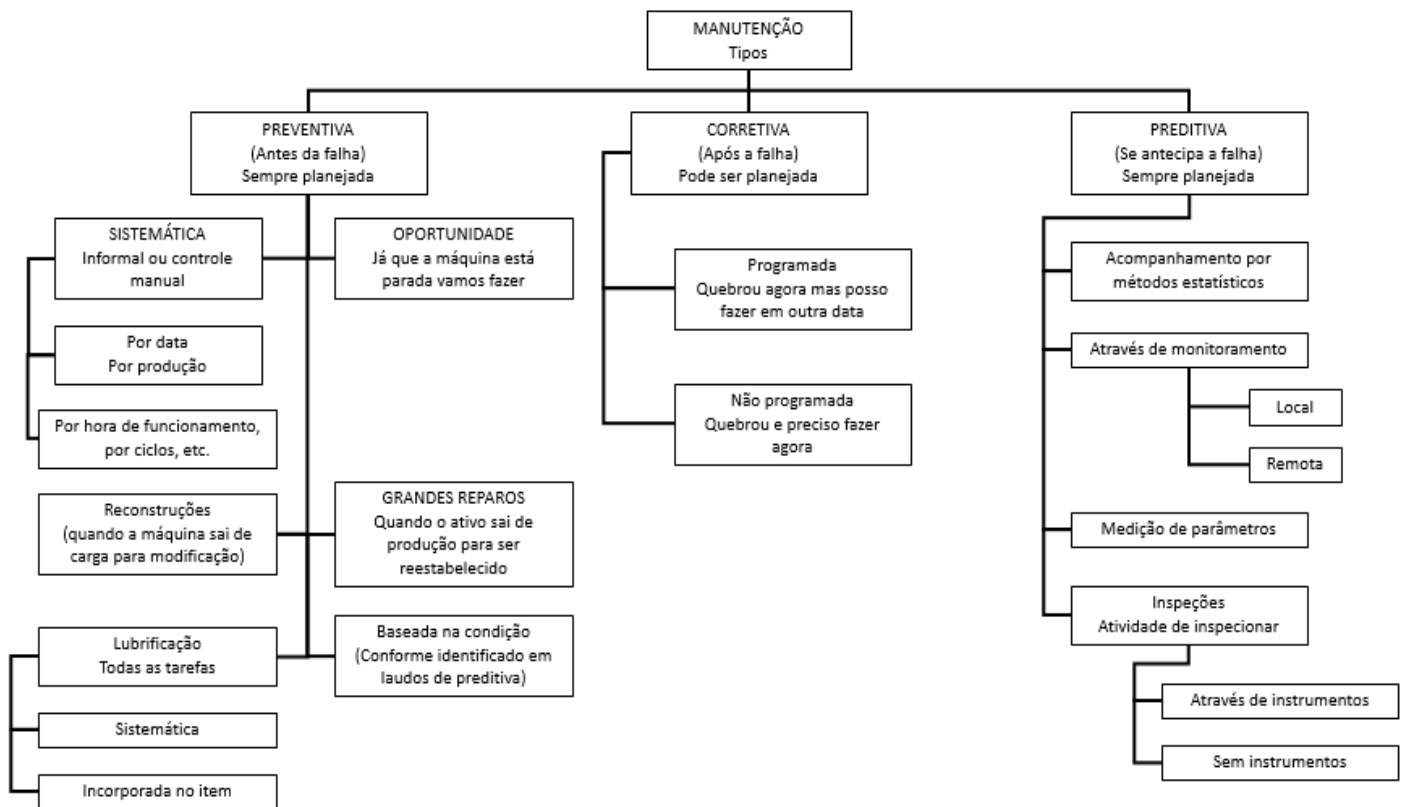


Figura 1: Esquema dos tipos de manutenção
Fonte: Filho (2008, p. 10)

1. Manutenção Corretiva: manutenção realizada para corrigir uma anomalia no equipamento. É considerada programada quando a anomalia pode aguardar para ser programada e eliminada numa determinada data futura, e emergencial quando a anomalia precisa ser corrigida de forma imediata.
2. Manutenção Preventiva: manutenção rotineira, ocorre em ciclos fixos de trabalho e é realizada mesmo que o equipamento não apresente falha. São destas inspeções que ocorrem as corretivas programadas.
3. Manutenção Preditiva: atividades de acompanhamento e monitoramento baseados em valores predeterminados. Neste tipo de manutenção são utilizados ferramentas e equipamentos capazes de mostrar os parâmetros operacionais de funcionamento dos equipamentos.

3. O PROCESSO DO PLANEJAMENTO E SUA SUPERVISÃO

Branco Filho (2008) caracteriza o Planejamento da Manutenção como a contribuição mais significativa para o processo de supervisão. As inovações praticadas nos sistemas corporativos e o crescimento das ferramentas de planejamento, acompanhamento e monitoramento das tarefas que compõem uma Gerência de Manutenção contribuíram na associação de pessoas, recursos e tarefas.

O “Planejamento” é definido como um conjunto de processos em que são estabele-

cidas várias ações ordenadas que ao serem convertidas em executáveis, irão permitir o alcance dos resultados desejados, enquanto a “Programação” define-se como uma técnica de manutenção que tem seus dados criados através das ações geradas do plano de manutenção onde são feitas análises de engenharia que devem ser executadas dentro de intervalos predeterminados e tempos pré-estabelecidos. Já o “Controle” é definido como o monitoramento sobre os processos para que não ocorra desvios ou manutenções indesejadas.

Branco Filho (2008) prega que o planejamento é comumente recusado por não se saber seus benefícios e que a falta dele pode ser interpretada como uma autonomia de ação, que será perdida se o processo for engessado. O foco do planejamento é tornar as atividades de manutenção mais eficientes e com o menor impacto operacional. Em geral, o recurso alocado em manutenções não programadas não pode ultrapassar a faixa de 20% a 30% do tempo disponível, enquanto que em situações de atividades planejadas este percentual mínimo deve chegar a 85% do tempo total disponível. Nota-se os benefícios gerados por um planejamento antecipado e monitoramento das atividades da manutenção. Uma programação correta, além de impactar em fatores como custo e disponibilidade – fornece um maior controle sobre o tempo necessário para concluir uma atividade – oferece dados para se buscar a confiabilidade, uma vez que as atividades corretamente programadas preveem a utilização da alocação de mão de obra e de equipamentos – mais eficazmente para sua perfeita execução.

Supõem-se que no momento em que a manutenção atinja o tão esperado 100% do planejado ou próximo desse número, é hora de implantar melhorias no sistema, buscando maior eficiência. Como salientado por Branco Filho (2008) *“é crucial que na criação do planejamento se disponha metas mínimas de performance e índices para que sejam possíveis equiparar resultados”*. Esta tarefa pode ser muito difícil por não haver um histórico de dados que auxilie na definição das metas, mas a inexistência do controle impede a avaliação dos resultados, para analisar se o que foi cumprido é razoável, bom ou excelente.

Arioli (1998) afirma que a principal causa do baixo nível de sucesso no combate aos problemas é a falta de metodologias dentro de uma organização.

Trata-se acima de tudo de escassez de disciplina, que alimenta em diversos fatores a sensação de urgência exasperada que funciona em nossas organizações, pelo menos no que diz perspectiva à solução de problemas.

Empresa crescendo, funcionários novos chegando, lista de clientes aumentando, cargos sendo criados, é um cenário perfeito, não é? Mas como lidar com garantir que a qualidade da entrega não seja perdida com tantas mudanças acontecendo? A supervisão de processos pode ser a solução. Ter processos bem definidos, sendo atualizados frequentemente e internalizados por todos os colaboradores é essencial para o bom andamento da organização.

Arioli (2008) descreve “Processo” como um mecanismo formado por um sistema de causas de resultados, que opera segundo um fluxograma.

O objetivo de se gerenciar Processos vem da necessidade de estruturar e organizar uma empresa, setores ou áreas específicas, buscando agregar valor as atividades de ma-

nutrição, orientando seu foco na identificação para atender as reais necessidades para cumprimento dos objetivos.

A supervisão dos Processos torna-se uma técnica de grande utilidade para empresas que desejam organizar seu conjunto de atividades sob uma perspectiva no conceito de planejamento, onde sua real função é o de atender às expectativas dos clientes externos e internos, entender todos os níveis destes sistemas por meio de indicadores de performance que serão desdobrados a partir das metas gerenciais estabelecidas no plano operacional. O fundamental é focalizar em avanços que tragam a satisfação dos clientes.

Marquez e Gupta (2006) analisam os conceitos, os sistemas e os moldes disponíveis para manter padrões importantes como o da supervisão da manutenção. Eles resumem o modelo de manutenção como uma classe que se distribui em entradas e saídas. As entradas são as pessoas que fazem parte do processo, gestão, ferramentas, e a saída são as máquinas e equipamentos bem configurados para atender à operação. Para que estes conjuntos sejam funcionais, é necessário um planejamento eficiente – filosofia da manutenção, previsão de horas de trabalho, capacidade e programação – organização e controles da manutenção. Conhecer e fazer o registro de todos os processos do ambiente de trabalho existentes é fundamental para o aprofundamento, o conhecimento e controle das atividades, ações e de seus resultados.

A supervisão de processos, na visão de Vilarouca (2008), deve orientar o caminho dos esforços da organização para o que de fato é reconhecido como valor pelos clientes. O autor propõe um sistema, cujo objetivo é ter controle sobre estes caminhos, garantindo a estabilidade dos processos. A Tabela 1 abaixo mostra de forma resumida as tarefas que compõe cada fase de supervisão dos processos:

| FASES | ITENS | TAREFAS | AÇÕES |
|------------------|---|---|--|
| 1 - PLANEJAMENTO | 1.1 - DEFINIR. 1.2 - MEDIR. 1.3 - ANALISAR. | 1.1.1 – Esclarecer o problema. 1.2.1 – Quebrar o problema. 1.2.2 – Definir um alvo. 1.3.1 – Analisar a causa raiz. 1.3.2 – Desenvolver contramedidas. | 1.1.1.1 – Criar a equipe e coletar informações. 1.2.1.1 – Descrever o problema. 1.2.2.1 – Definir ações de contenção. 1.3.1.1 – Analisar a causa raiz. 1.3.2.1 – Definir possíveis ações corretivas. |
| 2 - FAZER | 2.1 - MELHORAR. | 2.1.1 – Aplicar contramedidas. | 2.1.1.1 – Implementar ações corretivas. |
| 3 - CHECAR | 3.1 - CONTROLAR. | 3.1.1 – Avaliar resultados e processos. | 3.1.1.1 – Definir ações para evitar recorrências. 3.1.1.2 – Parabenizar a equipe |
| 4 - AGIR | 4.1 - CONTROLAR. | 4.1 – Padronizar o sucesso. | 4.1.1.1 – Definir ações para evitar recorrências. 4.1.1.2 – Parabenizar a equipe |

Tabela 1: Esquema de gerenciamento dos processos de manutenção

Fonte: Siteware – Metodologia Ciclo PDCA

Para Barros e Lima (2011), o mapeamento de processos é uma técnica de detalhamento das atividades dos processos, em que se utiliza uma outra ferramenta denominada fluxograma. Estas duas ferramentas juntas mais os indicadores de desempenho ajudam no gerenciamento dos processos, pois alimentam o sistema de dados para a elaboração do diagnóstico atual da situação e permite previsão do comportamento da situação futura; conseqüentemente criam-se métodos para que se possa agir para melhorar continuamente a execução dos processos.

O fluxograma é a descrição didática de um determinado processo, ele fornece para a equipe o roteiro do trabalho a ser seguido, em que se assume a perspectiva de entender os momentos do processo de manutenção e os pontos em que ocorrem os prejuízos no processo.

A norma brasileira regulamentadora 10006 define um projeto como sendo um sistema singular modelado por uma associação de atividades coordenadas e controladas, havendo uma data de início, meio e fim, disposto para alcançar objetivos predeterminados. Dessa maneira, entende-se que um projeto é formado por processos, e estes são uma seqüência de operações que propiciam resultados padronizados. Tais processos são agrupados da seguinte forma:

| GRUPOS | DESCRIÇÃO |
|--------------------------|--|
| INICIAÇÃO | Determina o início do projeto. |
| PLANEJAMENTO | São detalhados os objetivos definidos na iniciação e planejadas as ações necessárias para atingi-los. |
| EXECUÇÃO | Onde se realiza o que foi realizado anteriormente, demandando grande parte do esforço e do orçamento do projeto. |
| MONITORAMENTO E CONTROLE | Acontece em paralelo às fases de planejamento e execução do projeto. |
| ENCERRAMENTO | Onde acontece a avaliação das entregas do projeto. |

Tabela 2: Agrupamento dos processos

Fonte: Guia PMBOK para gerenciamento de projetos (2006, p. 4 e 5)

Todos os grupos acima mostrados estão interligados através dos resultados que entregam, pois, a saída de um grupo é a entrada do próximo.

De acordo com o PMBOK (2004) o trabalho realizado por uma companhia pode ser denominado por um projeto ou operação, pois ambos são realizados por colaboradores, são restritos pela limitação de recursos, são planejados, executados e monitorados. A distinção é que as operações são contínuas e repetitivas e projetos são temporários e únicos. Um projeto é a maneira mais segura de sistematizar uma associação de atividades que não são de exclusividade operacional, e podem se dividir em fases, para permitir um controle maior gerencial. Para cada etapa, deve ser definido o roteiro a ser realizado da atividade, que entregas necessitam ser geradas por cada uma delas e a modelo que cada entrega seja revisada, é verificada e validada, e quais pessoas devem estar envolvidas em cada fase. O controle e monitoramento são partes integrantes da fase final de um sistema de supervisão de projeto e devem ser realizados após a sua conclusão por todo o seu ciclo de vida. Estes incluem medidas de desempenho e avaliação das mesmas para:

- Visualizar melhora dos processos,
- Permitir que o grupo seja engajado e tenha uma visão clara dos objetivos do projeto, e
- Identificar áreas que precisem de foco e atenção especial.

Villarroel Dávalos (2010) afirma que os indicadores de desempenho são mais facilmente desenhados e criados quando se realiza uma Modelagem de Processos, pois permitirá que sejam identificados indicadores globais, que levem à resultados balanceados e satisfatórios. Para modelar os processos é necessário explorar cada parte e conhecer os objetivos da entrega de metas, seu fluxograma de informações, sua problemática e suas fatores. Desta maneira será possível a verificação de quais simplificações poderão ser executadas, identificar quais impactos no processo ocorreriam ao se acrescentar ou eliminar uma atividade, implantando melhorias e ferramentas de qualidade no processo com o menor impacto operacional.

4. INDICADORES DE PERFORMANCE

Para Callado et al. (2008) os indicadores de manutenção são utilizados para monitorar os principais aspectos ligados ao gerenciamento de manutenção, pois será através de medições de desempenho que serão gerados os dados relevantes utilizadas para sustentar as decisões e definir o posicionamento em relação às metas estabelecidas. Para o autor, descobrir condições a serem avaliadas e ponderadas não é um dever simples, pois necessitam da complexidade do processo a ser monitorado. Campos (1994) mostra os itens de controle quanto suas particularidades numéricas administráveis, pois unicamente o que é medido pode ser gerenciado, e o gerenciamento concede a busca por melhores benefícios. Biasotto (2006) afirma que o uso de índices como indicadores de desempenho concede a determinação de aspectos na variação do nível das atividades.

Reis (2008) define indicadores como apontadores da eficiência, do cumprimento de metas e de boas práticas de manutenção, servem para avaliar e sinalizar facilitando a tomada de decisão dentro de um processo. A função dos indicadores é o de apontar onde implantar melhorias nos processos, em que a manutenção deve gastar energia para otimizar os processos. Portanto, os indicadores são considerados elementos fundamentais de análise e avaliação de desempenho. Os indicadores foram criados para medir a performance de uma companhia.

Ao defender a competência e a eficácia de um sistema, o termo performance integra uma importância universal que representa uma avaliação e que pode adquirir um primordial papel no processo de formação de ferramentas de longo prazo, bem como estudar seu momento dentro da empresa na qual ela esteja incluída (Callado et al., 2008).

Segundo Branco Filho (2006) *"uma corporação possui ativos que foram adquiridos para produzir bens e garantir a subsistência da companhia dentro da realidade do mercado competitivo"*. O grande desafio da manutenção, quando se fala de controle, é es-



tabelecer quais os indicadores devem ser utilizados por processos para que se obtenha resultados de otimização para as equipes multidisciplinares de manutenção e consequentemente para a companhia. O gerenciamento diário da rotina da manutenção passa então a ter um papel fundamental para atingimento das metas, com maior eficiência, por meio de um controle sistêmico de base diária através da melhoria contínua. A utilização de indicadores e dados são a maneira mais eficaz encontrada para medir o desdobramento da manutenção, de forma a avaliar o serviço zelando para que os equipamentos estejam sempre na sua melhor performance produtiva.

Para Biasotto (2006) o modelo de mensuração também chamado de acompanhamento de performance, deve se fazer presente em todo planejamento corporativo, logo sem ele não há como medir e gerar as ações necessárias para a mitigação dos desvios ocorridos. Por meio dele é possível controlar a progressão das ações alcançadas, confrontando e analisando as consequências e seus resultados ao longo do tempo. Moreira (cit. in Biasotto 2006) associa os moldes de indicadores como:

- (1) Indicadores qualificativos: busca pela compreensão, e emprego de fundamentos como "Sim ou Não", "Passa ou Não passa", "Aceita ou Rejeita";
- (2) Indicadores quantitativos: faz a análise de valores numéricos expressivos do processo.

Branco Filho (2006) chama a atenção para o fato que de a manutenção alcançará suas metas se não possuir treinamento e técnicas adequadas, ou se não souber executar uma tarefa por falta de conhecimento, técnicas básicas ou falta de procedimentos adequados, ou seja, o autor destaca a importância do treinamento, a importância de fornecer as informações mínimas necessárias para a execução do que foi proposto.

Para ter o sistema de manutenção sob controle, temos que ter domínio acerca do que poderá a vir, sobre o que está ocorrendo e ter a condição de interferir para a correção dos eventuais desvios. Só é possível manter um sistema sob controle quando se tem o domínio científico e tecnológico sobre ele. (Branco Filho, 2006).

Os indicadores e dados de manutenção são os meios para se entender e ter controle determinado do processo, como a verificação se a mão de obra está sendo bem distribuída, se a execução dos trabalhos da manutenção está ocorrendo conforme foi planejado nas reuniões, e se os desvios estão sendo recorrentes. Para Campos (1994) o controle é uma forma de buscar as causas que impossibilitem a manutenção de alcançar suas metas, e para tanto, são estabelecidas medidas e planos de ação para eliminação das recorrências. Os indicadores de manutenção são delineados como uma gama de dados estatísticos referentes a todos os processos da manutenção onde se deseja controlar. São utilizados na comparação e avaliação dos eventos, medindo o desempenho com relação aos padrões definidos. Os indicadores criados e implementados de diversas maneiras, de acordo com o que se pretende alcançar com sua utilização. Branco Filho (2006) divide os indicadores em dois grupos:

| INDICADORES | | | |
|---|--|--|--|
| INDICADORES DE PRODUTIVIDADE | INDICADORES DE QUALIDADE | INDICADORES DE CAPACIDADE | INDICADORES ESTRATÉGICOS |
| Podem estar relacionados à produtividade hora/colaborador, hora/máquina. Ou seja, estão ligados ao uso dos recursos da empresa com relação às entregas. | Andam juntos com os indicadores de produtividade, pois ajudam a entender qualquer desvio ou não conformidade que ocorreu durante o processo produtivo. | Medem a capacidade de resposta de um processo. | Auxiliam na orientação de como a empresa se encontra com relação aos objetivos que foram estabelecidos anteriormente. Eles indicam e fornecem um comparativo de como está o cenário atual da empresa com relação ao que deveria ser. |

Tabela 3: Divisão dos indicadores
Fonte: Endeavor Brasil

Os indicadores de manutenção e desempenho devem ser capazes de mostrar capacidade de realização tarefas, e fornecendo dados no âmbito individual dos colaboradores (como escolaridade, grau de especialização), e devem mostrar também dados sobre as instalações e o ferramental utilizado pela equipe de manutenção (grau de utilização, condições físicas). Os indicadores de performance têm que ter a capacidade de aferir e assegurar o cumprimento das atividades planejadas de manutenção, tanto de acordo com relação da quantidade, quanto à qualidade dos serviços e tempos a estes atribuídos.

A Figura 2 é mostra um exemplo de algumas das divisões utilizando conceitos básicos. Todas as subdivisões podem ser desdobradas em mais campos e mais informações. O levantamento destes campos e seus desdobramentos devem ter embasamento na cultura já existente da empresa, conforme suas características de manutenibilidade e os objetivos da empresa.

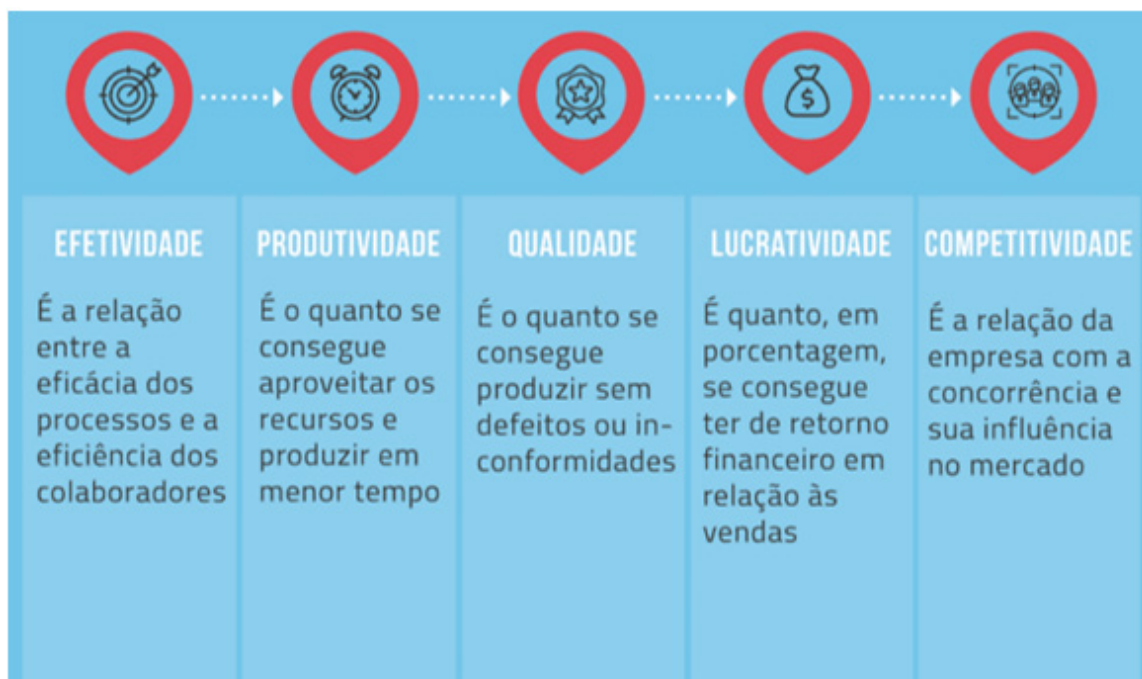


Figura 2: Diagrama de visualização de indicadores de performance
Fonte: CAE

Os indicadores de performance também conhecidos de KPI's – Key Performance Indicators – são os fundamentos que devem ser ponderados e avaliados para saber se a manutenção está seguindo na direção acertada, ou seja, se está apoiando a meta corporativa. Podem ser, sobretudo os iguais indicadores de performance, mas neste momento, seriam utilizados conforme balizadores, como tipos para medir o quanto da meta foi cumprida.

Todos os indicadores que sejam utilizados pela empresa, estes devem construir um conjunto equiparado de dados complacentes e fáceis de serem incluídos e usados.

São exemplos de KPI's:

- MTBF – Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre falhas;
- MTTR – Mean Time Between Repair ou Tempo Médio Entre Reparos;
- OEE: Eficiência Global do Equipamento;
- MP – Cumprimento dos planos de manutenção preventiva;
- MPd – Cumprimento dos planos de manutenção Preditiva.

Os KPI's são geralmente calculados através dos indicadores chamados de KPP's – Key Performance Parameters – que mostram como está cada etapa do processo de manutenção.

De nada adianta aferir por amostra Porcentagem de Desempenho do Plano de Manutenção Preventiva se não se pode ordenar na força de trabalho, se não se pode atuar de estado claro no resultado final, unicamente porque se estima trabalhar com pouca gente. Isto deve ser muito bem absorvido e entendido de que nada vai adiantar fazer um esquema de manutenção sem os recursos essenciais para obtê-los. Para cumprir as agendas assumidas ao se traçar um plano de manutenção preventiva deve-se possuir recursos. Planos de manutenção preventivos são feitos para serem alcançados (Branco Filho, 2006).

Ahmad e Dhafr (apud Vilarouca 2008) agrupam os indicadores de desempenho em seis grupos:

- (1) flexibilidade,
- (2) segurança e meio ambiente,
- (3) performance,
- (4) inovação,
- (5) dependabilidade,

(6) qualidade.

O indicador de disponibilidade é capaz de ser definido como a amplitude de determinado equipamento, dele cumprir sua função durante um ciclo de tempo. É exatamente correspondente à produtividade, pois qualquer aumento em seu valor, concede que se trabalhe mais com os mesmos recursos. A forma de cálculo é da seguinte maneira:

$$D = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

Na fórmula acima, foi empregado para o cálculo da disponibilidade, os dois indicadores mais utilizados e que são muito comuns na manutenção. O primeiro deles, o MTBF (Mean time Between Failures) abrange a confiabilidade do equipamento por meio do tempo médio entre as falhas. Bello (2008) indica um conceito para confiabilidade que a define como a probabilidade de um item fazer sua função sem quebrar, por um intervalo de tempo determinado sob determinadas condições de uso.

Wuttke e Sellitto (2008) apontam que a confiabilidade é manifestada por demais funções, que embasam sua pesquisa entre elas, a função taxa de falha, que é constantemente empregada como indicador de manutenção. A diagnóstico do desempenho dessa função ao longo do tempo é representada por uma curva conhecida como Curva da Banheira. Esta função pode ser obtida por meio do oposto do MTBF. O outro indicador disposto para calcular a disponibilidade é o MTTR (Mean Time To Repair), que mede a manutenibilidade do equipamento, ou seja, o tempo médio crucial para restituição do status de operacionalidade do mesmo. Para Wuttke e Sellitto (2008) a confiabilidade busca a redução da frequência e da gravidade da falha, ao passo que a manutenibilidade concentra-se em baixar o tempo da duração de defeitos em um sistema e restaurar seu funcionamento no menor tempo possível.

Mesmo que estes essenciais – e mais utilizados – indicadores detalhem os resultados da manutenção, a instituição de outros indicadores para medir a performance do sistema deve ser feito, pois qualquer atividade que impacte na execução e operacionalidade do sistema deve ser acompanhada.

Antes de utilizar qualquer plano mais singular Arioli (1998) afirma que a empresa precisa estudar a controlar seus processos para conhecê-lo, e adquirir capacidade fundamental para desenvolver um modelo de qualidade. Arioli (2008) representa modelo como uma composição de materiais, sistemas, resultados e controle, em que os resultados deste sistema se tornam materiais para os demais. Para melhorar um sistema é imprescindível que a supervisão das informações e utilizá-las para controle e alimentação do sistema com informações. Para conseguir tais dados é fundamental representar os sintomas de cada problema que afetam o sistema, especificando as etapas prejudicadas e o modelo de dado que deve ser atribuído para cada solução.

5. CONCLUSÃO

Processos de manutenção bem definidos, controlados e documentados são essenciais para suportar as tomadas de decisões gerenciais, o que permite com que a mesma entre-



que a seus clientes equipamentos confiáveis e que atendam a necessidade da demanda operacional. Todos os indicadores propostos neste trabalho devem ser capazes de medir os desvios e apresentá-los de forma clara e direta para todos os envolvidos, fornecendo dados que permitam implementar medidas de melhoria dos processos e gerar soluções que mitiguem os desvios permanentemente. Com isso, as supervisões das companhias serão capazes de alcançar reduções dos tempos de reparo, de ociosidade e de retrabalhos; e aumentar a produtividade de seus colaboradores otimizando tempo e melhorando o planejamento, alocando a mão de obra para atividades que realmente comprometem a estabilidade da companhia.

A utilização dos KPI's, permite aumentar a eficiência e eficácia de qualquer processo, desde que os mesmos sejam corretamente interpretados e aplicados. Deve-se ter em mente que sua utilização faz parte de um processo contínuo de aprimoramento, ou seja, os indicadores implantados sofrerão mudanças de acordo com as necessidades identificadas ao longo do tempo.

O principal resultado esperado é a implantação de sistema de acompanhamento e supervisão diária da manutenção, aumentando a capacidade e eficiência da equipe, melhorando a qualidade dos serviços através de controles eficazes, e um realinhamento dos processos com informações contínuas e em tempo real.

Essa proposta de gestão do controle através de indicadores busca um meio de medir o desempenho individual, tanto das etapas que compõem o processo dos planos preventivos dos equipamentos quanto as atividades de correção programadas, engajando os colaboradores envolvidos neste processo, que são as chaves do sucesso deste processo. Esta são então ferramentas de aprimoramento contínuo da qualidade dos serviços, tornando-a mais eficazes a partir do momento em que se planeja e se programa com antecedência, permitindo uma gestão e controle detalhados em todos os níveis.

Referências

ARIOLI, Edir Edemir. Análise e solução de problemas: **O método da Qualidade Total com Dinâmica de Grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1998.

BARROS, J.; LIMA, G. **A Gestão da manutenção no plano estratégico dos empreendimentos industriais**. In: Anais do VII CNEG, Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro. 2011.

BELLO, Gustavo Canevari. **Planejamento de política de manutenção preventiva com aplicação de simulação computacional**. 2008. Monografia –Apresentada no Curso de Engenharia de Produção, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BIASOTTO, Eduardo. **Aplicação do BSC na gestão da TPM – Estudo de caso em indústria de processo**. 2006. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **Indicadores e Índices de Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2006.

BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna LTDA., 2008.

CAE. **5 tipos de indicadores de desempenho + exemplos práticos de KPIs**. São Paulo. Disponível

em: <https://www.caetreinamentos.com.br/blog/carreira/tipos-indicadores-desempenho/#>. Acesso em: 27 abr. 2022.

CALLADO, A. L. C.; CALLADO, A. A. C.; ANDRADE, L.P. Relação entre indicadores de desempenho: um estudo exploratório em empresas localizadas em Serra Talhada Talhada PE. **Revista de Negócios**, Blumenau, v. 14, n. 1, p. 100-114, jan./mar. 2009. Disponível: <https://spell.org.br/documentos/ver/5963/relacoes-entre-indicadores-de-desempenho-um-estudo-exploratorio-em-empresas-localizadas-em-serra-talhada-pe/pt-br>. Acesso em 12 nov. 2021.

CAMPOS, Vicente F. TQC – **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Ed. INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CORRÊA, T. **O que é Ciclo PDCA e como ele pode melhorar seus processos**. Minas Gerais: Siteware. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/metodologia/ciclo-pdca>. Acesso em: 27 abr. 2022.

ENDEAVOR. **5 indicadores de desempenho para medir seu sucesso**. 2021. Disponível em: <https://www.endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/indicadores-de-desempenho>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MARQUEZ, Adolfo Crespo e GUPTA, Jatinder ND. **Gestão de Manutenção Contemporânea: processo, framework e pilares de sustentação**. Espanha. Artigo apresentado à Universidade do Alabama, 2006.

REIS, Rubens Alberto dos. et al. **O impacto da implantação do TPM nos indicadores de manutenção: um estudo de caso**. Ponta Grossa, v. 1, n. 1, p. 111-114, 2008.

VILAROUCA, Marcelo Grijó. **Implementação de indicadores de desempenho na gestão da manutenção: uma aplicação no setor plástico**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2008.

WUTTKE, R. A., & SELLITO, M. A. (2008). Cálculo da disponibilidade e da posição na curva da banheira de uma válvula de processo petroquímico. **Revista Produção Online**, 8(4). <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v8i4.134>. Acesso em 12 nov. 2021.

CAPÍTULO 31

IMPLANTAÇÃO DO FLUXO DE CAIXA NAS EMPRESAS

IMPLEMENTATION OF CASH FLOW IN COMPANIES

Monique Diniz da Silva¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís -MA

Resumo

O presente estudo é uma pesquisa bibliográfica que tem como tema central a Implantação do fluxo de caixa nas empresas. Tem como objetivo sugerir o uso da ferramenta para auxiliar nas tomadas de decisão dentro de uma empresa. Evidência como características do fluxo de caixa o ato de gerar informações para a empresa de forma que obtenha uma visão mais criteriosa sobre suas atividades financeiras que estão sendo realizadas no seu ambiente de trabalho. Este estudo tem como característica bibliográfica onde utilizou projetos de estudos e pesquisas virtuais.

Palavra-chave: ativo circulante, fluxo de caixa, empresa.

Abstract

The present study is a bibliographic research that has as a central theme to the cash flow in the companies. It's a purpose to suggest the use of the tool to assist in the decision-making within a company. Evidence as characteristics of the box flow the act of generating information to the company so that it gets a more criterious view on its financial activities that are being held in its work environment. This study has as a bibliographic characteristic where he used projects of study and virtual research.

Keywords: current assets, cash flow, company.

1. INTRODUÇÃO

Embora o controle de fluxo de caixa seja imprescindível na administração de uma empresa, ele acaba sofrendo alterações constantes, pois podem existir alguns imprevistos que venham a alterá-lo. Tem-se conhecimento de que elaborar o planejamento de uma empresa, não é nada fácil, pois ao desenvolvê-lo, tem-se certa insegurança diante de algumas informações, pois as informações passadas não são totalmente concretizadas, o que acaba criando risco da efetivação do que foi previsto tornar-se realizado.

A noção que fundamenta o conceito de estratégias genéricas é que a vantagem competitiva está no âmago de qualquer estratégia, e para obtê-la é preciso que uma empresa faça uma escolha – se uma empresa deseja obter uma vantagem competitiva, ela deve fazer uma escolha sobre o tipo de vantagem competitiva que busca obter e sobre o escopo dentro do qual irá alcançá-la. Ser “tudo para todos” é uma receita para a mediocridade estratégica e para um desempenho abaixo da média, pois normalmente significa que uma empresa não tem absolutamente qualquer vantagem competitiva (PORTER, 1989, p. 10).

Por isso, o responsável por administrar, deve estar preparado para rever seus planos, criar diferentes estratégias de acordo com a posição da empresa, para sempre estar precavido para os imprevistos, quando ocorrer algum problema. Portanto, deve existir um



direto relacionamento entre o administrador e os demais departamentos da empresa, para que o mesmo esteja ciente das programações de saídas de caixa necessárias a cada área, fazendo então, todo planejamento para que isto ocorra sem problemas com o caixa.

Para se obter melhor resultado, se estrutura da seguinte forma:

- planejar : Para se obter o controle da empresa, algumas ferramentas são necessárias. Ter um processo que define quais medidas deverão ser tomadas, a meta da empresa como base, é um dos principais fatores para que essa empresa tenha um bom funcionamento;
- organizar: usando ferramentas certas para que se consiga estruturar seu planejamento e obtenha uma boa produtividade, por exemplo o fluxo de caixa;
- controlar: certificar-se do processo, acompanhando os resultados.

2. IMPLANTAR NA EMPRESA A FERRAMENTA FLUXO DE CAIXA

Em uma empresa é necessário a implantação do fluxo de caixa, pois assim terá um controle financeiro mais detalhado, e uma tomada decisão em cima do que for apurado. A aplicação dessa ferramenta (fluxo de caixa), viabiliza controlar os gastos e lucros, as entradas e saídas de produtos específicos (insumos da empresa). Para obter maior controle da necessidade da empresa é essencial esse gerenciamento, para evitar os grandes desperdícios e ter maior lucratividade.

Quando se menciona o fluxo de caixa, esta se tratando de um gerenciamento indispensável em qualquer empresa, sendo ela de pequena, media ou de grande porte. Esse controle pode ser feito manual ou por auxílio de alguns sistemas disponibilizados por empresas particulares. O importante é sempre esta atualizando suas entradas e saídas de acordo com cada movimentação.

3. CONTROLE DO FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa é uma das principais ferramentas que auxiliam na análise e gerenciamento da empresa, sendo fundamental na organização financeira, pois visa a apuração e projeção do saldo disponível, possibilitando a existência de capital de giro para eventuais gastos (SEBRAE, 2019).

Fluxo de caixa é uma ferramenta com finalidade de controle das movimentações financeiras débito e crédito de receitas, com tempo e período determinado, assim evidenciando as alterações efetuadas na conta caixa. Trazendo para a empresa facilidade e controle, apurando informações quais indicaram exatamente o valor de suas obrigações ou lucro do determinado período (PAULA; MARIA DE, 2018, p 4).

A realização do controle do fluxo de caixa, possibilita a empresa a obter uma segurança diante as suas necessidades. Alguns dos exemplos apontados pelo fluxo de caixa são os prazos de retorno do investimento, quantia de receita futura, informativo de gastos que poderiam ser evitados e até mesmo o detalhamento apurado da rentabilidade da empresa.

Uma das formas para se aplicar o fluxo de caixa dentro de uma empresa que está em desenvolvimento é a criação de uma planilha, possibilitando que o funcionário consiga listar todos os gastos da empresa. O fluxo de caixa pode ser elaborado manualmente em um caderno, ou pode ser organizado em uma planilha eletrônica que tornará mais fácil e ágil a realização da atividade.

4. CONCEITO FLUXO DE CAIXA E APLICAÇÃO

Fluxo de caixa é uma ferramenta com finalidade no controle das movimentações financeiras, que permite registrar entradas e saídas de dinheiro. Trazendo para a empresa facilidade e controle, apurando informações nas quais indicarão exatamente o valor de seus custos ou lucros em um determinado período. Essa ferramenta proporciona auxiliar nas informações de controle no presente ou no futuro de receitas e despesas para que possa ser apurado e tomada a melhor decisão de acordo com seu lucro ou prejuízo.

Para Osni Moura Ribeiro (2012, p. 362) “fluxo de caixa é uma demonstração sintetizada de fatos administrativos que envolvem o fluxo de dinheiro ocorrido durante delimitando período, com registros de entrada e saída do caixa”.

Seguindo o raciocínio dos grandes motivos para que as empresas cheguem a falência é a falta de planejamento financeiro e ausência de controle de fluxo de caixa. Quando implantado e executado o fluxo de caixa tende-se a possibilitar uma visão futura referente ao financeiro da empresa, pois a partir do fluxo de caixa a organização terá informações necessárias suficientes para realizar projeções financeiras embasadas em fatos estatísticos.

O fluxo de caixa é a espinha dorsal da empresa. Sem ele não se saberá quando haverá recursos suficientes para sustentar as operações ou quando haverá necessidade de financiamentos bancários. Empresas que necessitam continuamente de empréstimos de última hora poderão se deparar com dificuldade de encontrar bancos que as financiem (GITMAN, 1997, p. 586). Fluxo de caixa é a dinâmica do registro e controle de todas movimentações financeiras de qualquer empresa expressando a entrada e saída de recursos por determinado período”. O fluxo de caixa não apenas pode demonstrar como está sendo controlada a entrada e saída de recursos, como também obter levantamento dos recursos, como e onde empregar os recursos da empresa, evitar os gastos desnecessários e obter um maior desenvolvimento de todas as áreas (FILHO; CAMPOS, 1999, p.19).

O fluxo de caixa mais usado e tradicional é o diário onde suas informações são prescritas diariamente e ao final do mês (ou semana) é agrupado e apurado o resultado. Marion (2004 Pág. 110), afirma que “todos possuem fluxo de caixa, por mais simples que a



pessoa seja, tendo em memória quanto de receita obteve e quanto de despesas há para ser pago”. Há diversos modos de obter este controle, exemplos simples são, extratos bancários, planilhas em *softwares* ou até mesmo em cadernos. Até mesmo donas de casa possuem este controle de fluxo, esteja ele prescrito ou apenas em sua memória.

Exemplo de planilha de controle de fluxo de caixa para a empresa:

Tabela 01 – Fluxo de caixa semanal

| Itens | Períodos/Ano | | | | | | | |
|------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | 1 semana | | | | 4 semana | | total | |
| | Planej. | Realiz. | Planej. | Realiz. | Planej. | Realiz. | Planej. | Realiz. |
| Entradas | | | | | | | | |
| Vendas à vista | | | | | | | | |
| Cobrança atrasada | | | | | | | | |
| Aluguéis | | | | | | | | |
| Venda de ativo fixo | | | | | | | | |
| Aumento de capital | | | | | | | | |
| Receitas financeiras | | | | | | | | |
| Outras entradas | | | | | | | | |
| Total de entradas | | | | | | | | |
| Saídas | | | | | | | | |
| Fornecedores | | | | | | | | |
| Salários | | | | | | | | |
| Despesas com pessoal | | | | | | | | |
| Despesas de vendas | | | | | | | | |
| Despesas administrativas | | | | | | | | |
| Despesas financeiras | | | | | | | | |
| Impostos | | | | | | | | |
| Dividendos a distribuir | | | | | | | | |
| FGTS a recolher | | | | | | | | |
| Outras saídas | | | | | | | | |
| Total de saídas | | | | | | | | |
| Saldo de caixa | | | | | | | | |
| Saldo inicial de caixa | | | | | | | | |
| Saldo final de caixa | | | | | | | | |
| Saldo mínimo de caixa | | | | | | | | |
| Captação de recursos | | | | | | | | |
| Aplicações financeiras | | | | | | | | |
| Amortizações | | | | | | | | |
| Resgates | | | | | | | | |
| Novo saldo | | | | | | | | |

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como escopo identificar a importância da implantação do fluxo de caixa nas empresas. O fluxo de caixa é uma ferramenta com finalidade de controle financeiro. Identifica-se uma grande importância pois auxilia na tomada de decisões de modo imediato, realiza aplicações e planeja futuros investimentos. Existe uma flexibilidade em sua realização podendo ser feita diariamente, semanalmente ou mensalmente de acordo com a preferência da empresa. Além de fornecer uma visão mais criteriosa da área financeira, controla-se tal como um todo, analisando o estado atual e futuro, em busca de melhorias e certificando que todas as obrigações legais estejam sendo cumpridas. Um grande fator para que as empresas cheguem à falência é a falta de planejamento financeiro e a ausência de controle de fluxo de caixa, ou seja, algo extremamente importante e indispensável para a sobrevivência de uma empresa, para que se obtenha lucro e crescimento no mercado de trabalho.

Referências

- CAMPOS FILHO, Ademar. **Demonstração dos Fluxos de Caixa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GIL, Antonio de Loureiro. **Sistemas de Informações Contábil/Financeiro**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**. 7ª ed. São Paulo: Ed. Harbra, 1997.
- MARION, José Carlos. **Contabilidade básica**. 7º ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- MARIA DE PAULA, Bianca. **O CONTROLE DE FLUXO DE CAIXA PARA AS PEQUENAS E MICROEMPRESAS**. 2018.
- RIBEIRO, Osni Moura. **Contabilidade básica fácil**. 28º ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. Metodologia da Pesquisa Aplicável às Ciências Sociais. **Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SEBRAE. **O que é o fluxo de caixa e como aplicá-lo no seu negócio**. 2019. Disponível em <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/fluxo-de-caixa-o-que-e-e-como-implantar>. acessado dia 24 de abril, 2021

CAPÍTULO 32

A IMPORTÂNCIA DA METROLOGIA NAS INDÚSTRIAS

THE IMPORTANCE OF METROLOGY IN INDUSTRIES

Josana Diniz Ribeiro¹

Andréia Rakel Sousa Pereira²

1 Engenheira de Produção, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

2 Engenheira Civil, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

Resumo

A confiabilidade metrológica tem sido cada vez mais buscada por empresas que estão sempre em busca de oferecer produtos e serviços de qualidade para seus consumidores, por isso a Metrologia entra como fator crucial para garantir a confiabilidade, com ela vem atrelada a qualidade e inovação, fatores que ajudam a manter empresas em destaque no ranking competitivo, dessa maneira as empresas acabam atingindo seus objetivos o que conseqüentemente gera inúmeros benefícios, reduzindo a probabilidade de possíveis defeitos de fabricação, que por sua vez afetaria não só os produtores, mais também o mercado consumidor, sendo assim sem esquecer que além de assegurar que o processo de produção ocorra de forma adequada, ela também assegura seus consumidores, para que estes não sejam lesados, passando a devida confiabilidade aos seus consumidores, estando sempre associada com a qualidade, sendo está inserida do começo ao fim de um processo produtivo, acaba tornando-se fator primordial de garantia de qualidade do produto final.

Palavras-chave: Metrologia, Grandezas, Rastreabilidade, Calibração.

Abstract

Metrological reliability has been increasingly sought after by companies that are always looking to offer quality products and services to their consumers, so Metrology is a crucial factor to guarantee reliability, with it being linked to quality and innovation, factors that that help keep companies in the spotlight in the competitive ranking, in this way companies end up achieving their goals, which consequently generates numerous benefits, reducing the probability of possible manufacturing defects, which in turn would affect not only producers, but also the consumer market. , thus without forgetting that in addition to ensuring that the production process takes place properly, it also ensures its consumers, so that they are not harmed, passing due reliability to its consumers, being always associated with quality, which is inserted from the beginning to the end of a production process, ends up becoming a key factor in guaranteeing final product quality.

Keywords: Metrology, Quantities, Traceability, Calibration.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolver dos anos, medir tornou-se necessidade, quando se tratava de atribuir valores a objetos, distancias, entre outras. Para isso foram necessário a criação de grandezas que representassem essas medidas e até mesmo dando medidas ao que é considerado abstrato. A partir disso a metrologia foi evoluindo, instrumentos que oferecem medidas padrão também foram surgindo para facilitar quem necessita medir coisas, a facilidade de identificar erros também se tornaram mais perceptíveis, atraindo o olhar de grandes e pequenas empresas que visavam melhorar seus produtos.

Em face de um mercado competitivo o qual muitas empresas estão inseridas, a busca por qualidade e confiabilidade em produtos e processos virou pré-requisito para clientes e o melhor amigo para as empresas, quesito os quais a metrologia tem papel indispensável. Ou seja, a adoção do Sistema Internacional de Unidades nos instrumentos de medição e calibração, se torna primordial quando se fala na identificação de gargalos, otimização de processos de fabricação, redução de falhas, custos, aumento da produtividade, satisfação de clientes, entre outros.

Nesse contexto o trabalho mostrará a relevância do estudo da Metrologia Aplicada na indústria, como ela pode estar influenciando na comprovação de produtos e processos, assim como no desenvolvimento econômico do país. Assim permitindo que empresas notem o quão indispensável é a Metrologia Aplicada, preenchendo pré-requisitos exigidos para mantê-las ajustadas no mercado.

Na área de metrologia, poucas são as indústrias que buscam através da qualificação e certificação de instrumentos de medição, avaliar as efetivas condições de uso, ou aplicar os resultados obtidos na forma de correção dos erros, pois o aspecto metrológico é responsável por grande parte dos prejuízos causados por retrabalho, questiona-se como a falta de Metrologia pode ocasionar defeitos em fabricação?

Diante do exposto, o objetivo deste projeto é analisar como a Metrologia pode contribuir no processo de produção na indústria. Tendo como objetivos específicos: apontar a definição sobre Metrologia; mostrar a importância da rastreabilidade metrológica e calibração dos instrumentos de medição; pesquisar os benefícios da implementação.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho, foi uma Revisão Bibliográfica, no qual foi realizada uma consulta a livros, artigos, sites confiáveis e livros. O período dos artigos publicados foram os trabalhos publicados nos últimos dez anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Metrologia, grandezas, rastreabilidade, calibração.

2. A METROLOGIA

A metrologia tem como objetivos prover confiabilidade, credibilidade, universalidade e qualidade às medições, propriedades obrigatórias em processos industriais. Medições

confiáveis dependem de um sistema de metrologia nacional organizado, de tal modo que possa prover os meios para a transferência de seus valores para instrumentos de medição usados na indústria, comércio e pesquisa, de acordo com procedimentos aceitos internacionalmente (ANALYTICA, 2017).

O sucesso econômico da maioria das indústrias de manufatura é criticamente dependente de quão bem seus produtos são feitos, um requisito em que a medição desempenha um papel fundamental. Porém, apesar de tamanha relevância, algumas empresas não tratam a metrologia industrial como prioridade, especialmente aquelas que não trabalham com produtos intensamente fiscalizados nesse sentido. O que esses empresários ainda não perceberam, é que mesmo que não estejam produzindo produtos nos quais a conformidade pode trazer riscos à população, realizar medições é importante para economizar dinheiro, reduzir o uso de matérias-primas e promover a transformação digital (CERTI, 2018).

Para garantir a qualidade dos produtos industriais é necessário e imprescindível medir com exatidão, possibilitando ao fabricante obter as dimensões reais e entender os ajustes entre peças, a fabricação de produtos de acordo com as especificações técnicas e quantidades específicas, a Intercambialidade e universalidade das peças, a redução de perdas pela pronta detecção de desvios no processo produtivo, evitando o desperdício de matéria prima (ANALYTICA, 2017).

Sendo assim, a busca por metrologia acaba atingindo inúmeros setores, como: saúde, indústria, qualidade, entre outros. Pensando assim, tudo que envolve medidas tem relação com metrologia, sendo uma crescente à qual teve que ser subdividida em áreas, assim garantir a confiabilidade em cada setor.

2.1 Áreas da metrologia

Com o processo de globalização e a conseqüente abertura do Brasil ao mercado externo, é de vital importância que a indústria nacional se capacite urgentemente para evidenciar, de modo concreto, determinado nível de qualidade de seus produtos e serviços e caminhe realmente para estabelecer -se de forma segura em uma competitividade internacional.

Atualmente, a metrologia é dividida em três grandes áreas de atuação: científica, industrial e legal.

Estando inserida nesse meio do mercado, acaba trazendo grandes vantagens para quem escolhe aplicá-la, oferecendo inúmeros benefícios que vão além da qualidade, confiabilidade e rastreabilidade, o famoso: “produzir mais com menos”. E para atender esse vasto mercado de variedades, fica mais fácil dividi-la em subáreas para melhor entendimento quando o assunto é aplicação de metrologia.



2.1.1 Metrologia Científica

A Metrologia Científica trata, fundamentalmente, dos padrões de medição internacionais e nacionais, dos instrumentos laboratoriais e das pesquisas e metodologias científicas relacionadas ao mais alto nível de qualidade metrológica. Ela realiza as unidades de medida a partir da definição, recorrendo à ciência [...], bem como as constantes físicas fundamentais, desenvolvendo, mantendo e conservando os padrões de referência. Atua no nível da mais alta exatidão e incerteza, sendo independente de outras entidades em termos de rastreabilidade (ENGENHARIA 360, 2020).

O Sistema Internacional define um grupo de sete grandezas independentes denominadas de grandezas de base. A partir delas, as demais grandezas são definidas e têm suas unidades de medida estabelecidas. Essas grandezas definidas a partir das básicas são denominadas de grandezas derivadas. As tabelas abaixo trazem os dois tipos de grandeza, bem como suas unidades de medida (MUNDO EDUCAÇÃO, 2020).

| GRANDEZAS DE BASE | UNIDADE DE MEDIDA |
|--------------------------|-------------------|
| Tempo | segundo (s) |
| Massa | quilograma (Kg) |
| Comprimento | metro (m) |
| Temperatura | kelvin (K) |
| Quantidade de substância | mol |
| Corrente elétrica | ampère (A) |
| Intensidade luminosa | candela (cd) |

Quadro 1- Representação das grandezas de base ou fundamentais
Fonte: Mundo Educação

As chamadas grandezas fundamentais são aquelas definidas exclusivamente por meio de um padrão físico estabelecido pelo Sistema Internacional de Unidades (SI). Podemos entender por unidade física o padrão escolhido para a medida de uma grandeza (BRASIL ESCOLA, 2020).

| GRANDEZAS DERIVADAS | UNIDADES |
|---------------------|--|
| Força | N - newton |
| Velocidade | m/s – metro por segundo |
| Aceleração | m/s ² - metro por segundo ao quadrado |
| Volume | m ³ - metro cúbico |

Quadro 2 - Representação das grandezas derivadas
Fonte: Mundo Educação

Uma vez que se define o que é uma grandeza, podemos perceber que algumas delas serão derivadas de outras. Por exemplo, a velocidade é a grandeza física que corresponde à taxa de variação da distância, medida em unidades de comprimento por unidade de tempo. Podemos utilizar o metro por segundo para medir a velocidade. (QUERO BOLSA, 2020)

Sendo assim, a materialização física vem à torna-se consequência das grandezas físicas, seja ela base ou derivada, isso porque as unidades de medidas por si só não são podem ser tocadas, para isso devem sempre estar acompanhada à um valor e a partir daí ser possível ser feita a medição através de algum instrumento que por sua vez pode estar dando este valor padrão, assim materializando a medida.

2.1.2 Metrologia Industrial

Garantir um produto e um processo produtivo otimizado e à prova de falhas é, sem dúvidas, um dos mais importantes desdobramentos da metrologia industrial — é por isso que ela deve ser encarada como um investimento, capaz de elevar a qualidade dos processos de produção e aumentar as ações assertivas no meio industrial (RIO EXPERT, 2020).

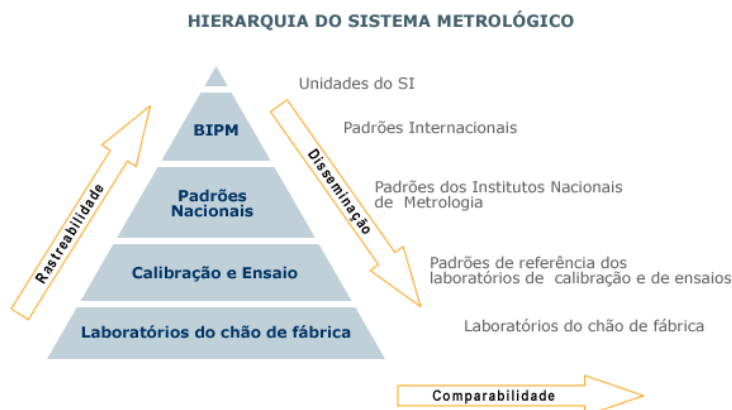


Figura 1 – Representação da hierarquia de um sistema metrológico
Fonte: ASMETRO (2017)

Por exemplo, exemplo, são necessários para assegurar a precisão dos instrumentos industriais para garantir a precisão dos instrumentos, que eles são, periodicamente, os instrumentos de medida são essenciais. [...] por sua vez, devem ter sido calibrados contra padrões nacionais ainda mais precisos, pelos próprios INM, que foram calibrados contra os padrões primários 8 únicos pelo BIPM. Quando esses níveis de medição foram determinados com documentos qualificados, determinados a determinar um instrumento de medição a partir de qualquer conjunto de instrumentos de medição a partir de avaliações, que tenham qualidade de instrumento de medição a partir de medições realizadas, que tenham qualidade de instrumento de medição. (RICARDO KROPF SANTOS FERMAM; ADELAIDE MARIA DE SOUSA ANTUNES, 2012)

Dentro das inúmeras atividades produtivas usadas para efetuar as medições necessárias são utilizados materiais e padrões que, com o tempo, perdem sua aferição. Por isso, são necessárias manutenção preditiva e preventiva dentro de um período estipulado para a calibração dos instrumentos usados (CERTIFICADO CURSOS ONLINE, 2020).

A rastreabilidade traz consigo referências técnicas de cada etapa que determinado produto passou, incluindo a qualidade final, facilitando a comparabilidade, pois a existem padrões técnicos que ajudam na identificação de erros e incertezas contidas nos produtos fabricados, daí dá-se a busca por laboratórios de calibração.

Além disso, ela reduz perdas e também, parte da transformação digital. No entanto, é importante frisar que o objetivo da metrologia industrial não é apenas qualificar os produtos, mas também garantir o bom funcionamento do maquinário e que ele está gerando valor. Além do mais, a metrologia também promove a transformação digital na indústria, algo muito importante para a produção como um todo (CERTIFICADO CURSOS ONLINE, 2020).

2.1.3 Metrologia Legal

A Metrologia Legal é a área da metrologia mais próxima do cidadão. Sua principal função é garantir a proteção ao consumidor de produtos e serviços que envolvam e necessitam algum tipo de medição. Está relacionada às atividades resultantes de exigências obrigatórias, referentes às medições, unidades de medida, instrumentos de medição e métodos de medição, e que são desenvolvidas por organismos competentes (SOCIEDADE BRASILEIRA DE METROLOGIA, 2016).

A metrologia legal toma proporção gigantesca se levarmos em conta que praticamente toda e qualquer mercadoria - se não pesada no ato da compra em frente ao consumidor -, em alguma parte no processo de produção à expedição, ela sofre um tipo de pesagem, quer seja uma peça de vestuário, um alimento (líquido ou seco) ou ainda um elemento químico (integrante em um remédio). Até porque a maioria dos produtos e até dos serviços consumidos são medidos de alguma forma (TOLEDO DO BRASIL, 2020).

A metrologia legal tem um alicerce regulatório que consiste em um olhar crítico, de forma integrada, sistêmica e interdependente, considerando as seguintes variáveis:

1. Técnica: Está ligada aos aspectos científicos e tecnológicos nas várias áreas do saber puro e aplicado [industrial]: física, química, biologia, biofísica, engenharias, físico-química, TI - informática e ciência da computação, etc.
2. Administrativa: É relacionado ao conhecimento técnico voltado para a regulação que precisa ter um arcabouço e uma infraestrutura administrativa competente e eficiente para a sua implantação, gestão e controle. Com o desenvolvimento de um sistema regulatório integrado de gestão, para que o órgão regulatório ganhe o respeito do regulado pela sua competência e eficiência.
3. Legal/Jurídica: Além dos arcabouços técnicos e administrativos é fundamental para uma boa regulação um arcabouço jurídico para a aplicação adequada e segura. Muitas vezes uma regulação com uma base acadêmica e administrativa sólida fracassa em virtude de falta de robustez jurídica, regulamentos pouco claros, nebulosos ou ambíguos, por exemplo.

A metrologia legal tem grande foco em assegurar a credibilidade de produtos não somente para o consumidor, mas, para quem fabrica. Desse modo, fica mais fácil até para identificar quando algo fora do padrão, por esse motivo existe o INMETRO, órgão responsável por atestar a qualidade de diversos produtos, fazendo a fiscalização de leis e normas.

3. A IMPORTÂNCIA DA RASTREABILIDADE METROLÓGICA E CALIBRAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

A definição de rastreabilidade mais amplamente usada e aceita está contida no Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM) - Conceitos Fundamentais e Gerais e Termos

Associados, publicado pela ISO, como: propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza da medição. É importante observar que a rastreabilidade é a propriedade do resultado de uma medição, não de um instrumento ou relatório de calibração ou laboratório (MUNDO DA METROLOGIA, 2021).







| Variável | Padrão de referência / trabalho | Rastreabilidade Metrológica |
|---------------------------------|---|--|
| Temperatura do ar | <i>SPRT - Standard Platinum Resistance Thermometer, Fluke 5699.</i> |  |
| Temperatura do ponto de orvalho | <i>Cooled Mirror DewPointMeter, Michel Dewmete</i> |  |
| Umidade relativa do ar | <i>Humidity Calibrator, Vaisala HMK15, LiCl Salt 11% RH, MgCl₂ Salt 33% RH, NaCl Salt 75% RH, K₂SO₄ Salt 97% e Precision Thermometer DIN, Amarell GmbH & Co. KG.10</i> |   |
| Pressão atmosférica | <i>Pressure transmitter, marca Vaisala, modelo PTB220, faixa de trabalho: 500 - 1100 hPa</i> |  |
| Radiação Solar | <i>Pyranometer, Kipp & Zonen CM22. Pyrgeometer, Kipp & Zonen CG4.</i> |  |

Tabela 1 - Padrões de referência da rastreabilidade metrológica

Fonte: Rastreabilidade metrológica e os critérios de aceitação para a instrumentação meteorológica/ambiental (2008, p.5)

Como está representado na tabela acima os Padrões de referência da rastreabilidade metrológica, também temos os laboratórios acreditados. Para se tornar um laboratório de acreditação é necessário que cumpram alguns requisitos da ISO/IEC 17025 e algumas normas do INMETRO, cumprindo os requisitos necessários que atestam sua viabilidade em produzir resultados válidos.

A acreditação possui vantagens para os laboratórios de metrologia como por exemplo a cooperação e parceria entre eles e outras instituições; a harmonização e padronização de procedimentos e normas; instalações, equipamentos e técnicos que utilizam métodos normalizados e / ou validados; imparcialidade a confidencialidade dos resultados e, 358 segundo Nara (2003) e Sousa (2008), uma das mais importantes é aceitação do certificado de calibração em qualquer país signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo (MRA).

O uso de instrumentos de medição nos processos de produção em uma empresa, sem sombra de dúvidas são indispensáveis, até porque são estes que são responsáveis por manter a qualidade em todas as etapas dos processos e serviços. Algo a ser observado nesse contexto é, a vida útil, neste sentido não se tratando da vida útil do produto

e sim do instrumento de medição que tem grande participação no desenvolvimento do produto, que não seria diferente. Para isso instrumentos precisam passar regularmente por calibrações, para garantir que os mesmos ainda operam dentro prazo de vida útil e fazem boa aferição, principalmente os que são usados com mais frequência necessitam de uma atenção maior, pois há a mais possibilidade de erros medição, então estar com a calibração em dia é de extrema importância.

A calibração de um dispositivo é realizada para minimizar a incerteza nas medições. Isso ajuda a reduzir os erros e traz a medição a um nível aceitável. Com o uso repetido e ao longo de um período de tempo, todos os equipamentos tendem a se degradar e isso afeta sua precisão. Como forma de verificar que o equipamento esteja calibrado, são feitas as verificações periódicas, em que diversas funcionalidades do dispositivo são analisadas. Na indústria de dispositivos médicos, uma variação na medição é inaceitável. Por isso, manutenção e serviço regulares são necessários para que um instrumento funcione com precisão e em seu nível ideal (NEXXTO, 2020).

A calibração não é denominada somente por calibração, ou seja, existem os termos corretos em modalidades de calibração específica para cada caso. Então, é muito importante os usuários do sistema de qualidade saibam diferenciar esta, sua importância na qualidade e suas modalidades, que são: Calibração Rastreável e Calibração RBC ou Acreditada.

3.1 Diferença Entre Calibração Rastreada e Calibração RBC

A Calibração Rastreada diferente do que muitos podem pensar, ela não tem o selo de acreditação ou RBC, por mais que o termo rastreabilidade associado a ela soe de forma positiva remetendo a padrões de qualidade, ela não é reconhecida pelo INMETRO. Mas, por outro lado ela se torna acessível para empresas que necessitam de mais rapidez e um valor mais barato, dependendo de cada empresa os critérios de aceitação variam.

Quando você envia um equipamento para calibração em um laboratório que pertence à Rede Brasileira de Calibração, o INMETRO emite um número de "Acreditação", assegurando a rastreabilidade das avaliações realizadas, endossando os parâmetros (MICROLIDER, 2018).

Por outro lado, se o equipamento estiver sob avaliação em local não integrado à RBC, o laboratório em questão (Calibração Rastreada) terá que apresentar cópia referente ao padrão utilizado no trabalho ("Rastreabilidade de Medição"). O cliente terá então que anexar essa cópia ao Certificado de Calibração emitida para o equipamento, provando assim a evidência de rastreabilidade no processo (MICROLIDER, 2018).

A calibração rastreada, por sua vez, precisa de uma rastreabilidade à RBC. O termo rastreado indica que a calibração não faz parte da RBC, mas que os padrões usados na calibração do seu instrumento foram calibrados em laboratório acreditado ou RBC e o laboratório não é auditado pelo órgão de acreditação do Inmetro (NORMATEC, 2017).

A calibração Acreditada ou RBC como conhecida no mercado possui reconhecimento

pelo INMETRO e alguns órgãos internacionais. O selo constante no certificado de calibração (vide abaixo) evidencia que o laboratório pertence a “Rede Brasileira de Calibração”. Desta forma não é necessário evidenciar rastreabilidade de medição e nem a eficiência do método de calibração utilizada pelo laboratório, pois o INMETRO representado pela CGCRE já avaliou e executa avaliações periódicas conforme a NBR ISO IEC 17025 (MICROLIDER, 2018).

A RBC é formada por laboratórios acreditado pela Cgcre, isto é, são avaliados periodicamente pela Cgcre quanto à adequação do seu sistema de gestão da qualidade à norma NBR ISO/IEC 17025 e às normas da própria Cgcre, bem como têm sua capacidade técnica avaliada por especialistas a fim de que os resultados das calibrações sejam confiáveis (KN WAAGEN, 2019).

Esses laboratórios também recebem um Escopo de Serviço Acreditado, que também é disponibilizado no próprio site do INMETRO. O documento contém as faixas de calibração que o laboratório pode fazer e as melhores incertezas que ele pode obter. Isso facilita muito para as indústrias que estão procurando por um laboratório para realizar suas calibrações RBC, pois podem consultar diretamente na internet o que laboratório faz e sob quais condições (BLOG DA METROLOGIA, 2018).

3.1.1 Certificado de Calibração

Uma das principais atividades de um laboratório de calibração é a emissão de certificados, que, de forma física, apresentam o resultado de todas as etapas de vários processos e trabalhos realizados pelos diferentes setores do laboratório. Ou seja, o certificado de calibração é o seu produto final (BLOG DA QUALIDADE, 2020).

O signatário autorizado, é uma pessoa designada pelo laboratório, para ser responsável por analisar e aprovar a coleta de dados realizada em campo e a emissão do certificado de calibração. Dentre as diversas análises realizadas, o signatário realiza a conferência dos dados do instrumento calibrado, condições ambientais, erros encontrados, método aplicado e principalmente os cálculos realizados para se obter a incerteza da calibração. Para ser signatário autorizado, é necessário possuir amplo conhecimento de estatística, cálculos de incerteza e diversas normas internacionais e do Inmetro. O signatário autorizado, em todas as avaliações que o laboratório é submetido pela Cgcre (Inmetro), passa por um rigoroso processo de avaliação. E só é considerado autorizado se aprovado nesse processo. Após esse rigoroso e confiável processo, realizado por um laboratório Acreditado, o certificado de calibração é disponibilizado ao cliente (ALFA INSTRUMENTOS, 2020).

Os processos de calibração requerem algumas etapas e informações, que se porventura forem negligenciadas, mais tarde podem estar trazendo dor de cabeça aos proprietários de equipamentos que dependem da qualidade final dos seus produtos. Para isso é imprescindível que todas as informações requeridas venham inclusas nos certificados de calibração, até como respaldo para quem calibra, para quem solicita este tipo de serviço e para quem utiliza equipamentos que necessitem passar por procedimentos como esse, pois vai muito além de diminuir incertezas, tem-se diversos fatores, mais vale ressaltar a segurança em primeiro lugar.



4. BENEFÍCIOS DA METROLOGIA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO E NA SOCIEDADE

O objetivo da metrologia é garantir o maior controle de qualidade nas linhas de produção, e melhores resultados por parte da empresa. Mensurar e medir é sinônimo de conhecer e, com base em dados, tomar decisões estratégicas. A metrologia pode ser dedicada a diagnóstico e prevenção, deve estar integrada às rotinas de manutenção industrial da fábrica. Podendo ser utilizada em produtos, máquinas, equipamentos e processos. Fundamentalmente, a metrologia é dedicada à identificação e a solução de problemas (LASERMAC, 2020).

4.1 Econômicos

Segundo a literatura de Robertson e Swanepoel (2015), quatro principais fatores econômicos podem ser atribuídos com o uso consciente da metrologia nos processos de produção. Os benefícios incluem a limitação da falha de mercado, custos de transação reduzidos, eficiência econômica e apoio à inovação.



Figura 3 - Representação dos quatro fatores econômicos atribuídos à Metrologia
Fonte: Adaptado de "The economics of metrology". (Robertson e Swanepoel, 2015).

Entenda um pouco sobre esses quatro fatores:

- a) Mercado Global: está muito relacionado aos compradores e produtores, um produto ao ser fabricado é necessário que este contenha todas as informações adequadas desde etapas do seu processo de fabricação e selos de garantia, pois existe um padrão considerado de qualidade a ser seguido, e ao ser detalhado no produto fica mais fácil classificá-lo e até mesmo identificar erros, evitando uma possível rejeição no mercado de consumidores e compradores.
- b) Custos em transações: produtos que atendem ao requisito de qualidade tem lá suas vantagens, e uma delas é o custo em transações, esse fator influência muito

na escolha das mercadorias pelo comprador, além de ser atribuído menores custos em transações aos produtores.

- c) Economia de escala: existem duas possibilidades, uma é, quando o produtor ganha redução de custos por fabricar produtos com as mesmas especificações, o que equilibra o mercado. E a outra é, caso um produtor tem a necessidade de fabricar diferentes produtos, estes já dificultam um pouco na redução de custos, pois estes possuem especificações diferentes, uns menos outros mais, e vale lembrar que especificações técnicas geram redução de custos, nesse quesito o produtor já não sairia muito em vantagem.
- d) Inovação, colaboração e comercialização: um produto com as especificações técnicas necessárias, atrai o olhar do comprador, pois neste ele consegue identificar o nível de qualidade, até pela questão de um mercado competitivo, o qual quem oferece um produto de qualidade tende a sair na frente. Pode parecer uma justificativa estúpida, mais quando é possível medir um determinado produto, e este já apresenta uma nova medida do produto passado, já é possível identificar uma discreta mudança, ou melhor dizendo, inovação.

Dessa maneira fica bem claro como a metrologia influencia, em diversos pontos da economia, e dentre eles temos também a qualidade que está atrelada com a confiabilidade metrológica de produtos, para este ser confiável é necessário estar inserido nos padrões requisitos de qualidade.

4.2 Qualidade

A qualidade de um produto, refere-se às características que o compõem e que o tornam capaz de satisfazer as necessidades do cliente. Nesse sentido, as empresas precisam desenvolver produtos atrativos, com matéria-prima de qualidade, certas especificações e taxa mínima de defeito, para assim, ele seja considerado de qualidade e chame a atenção dos clientes (IBC COACHING, 2020).

Segundo Albertazzi e Souza (2008), “o controle da qualidade envolve um conjunto de operações de medição com função de assegurar que os produtos fabricados por uma empresa atendam plenamente as especificações técnicas para serem introduzidos no mercado, sendo um requisito fundamental para a sobrevivência de qualquer empresa”.

Uma indústria que fabrica produtos de qualidade sempre é bem vista no mercado, para atingir determinado patamar de forma positiva e usufruir dos benefícios atribuídos pela qualidade a ela, é necessário que empresas possuam algumas certificações importantes como ISO 9000; ISO 9001; ISO 9004; ISO 5001; ISO 140001; ISO 16001, entre outras.



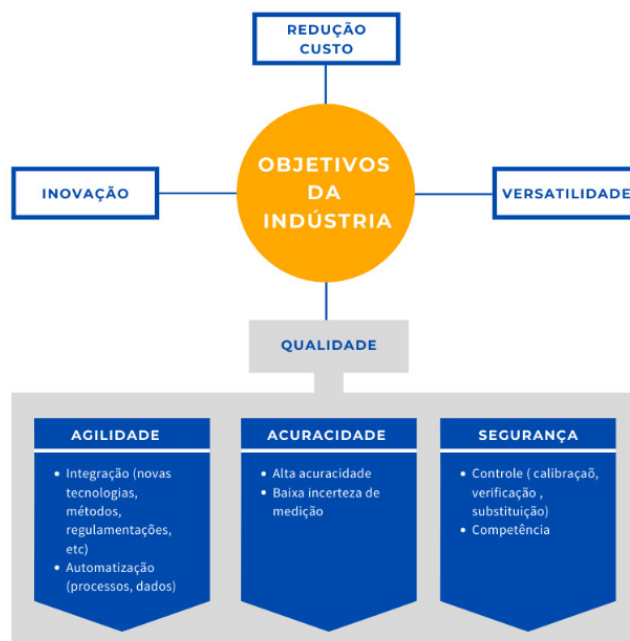


Figura 2 - Representação das tendências e objetivos da indústria com a metrologia
 Fonte: ACC Metrologia (2020)

É importante entender que a qualidade é resultante de inúmeras ações e uma delas é a metrológica, e a partir dela dão-se origem como mostrado na figura acima, agilidade, acuracidade e segurança, que são resultantes de objetivos a serem atingidos pela indústria.

A agilidade, primeiro deles, se remete a integração da indústria com novas tecnologias, procedimentos, métodos, normas, regulações etc. É a capacidade da indústria se adequar às mudanças externas, como por exemplo a publicação de uma norma para fabricação de produtos ligados a saúde humana. A agilidade ainda apresenta a automatização de processos e dados, o que podemos relacionar hoje a internet das coisas, indústria 4.0, etc.

Outro tópico apresentado pela qualidade é a acuracidade, onde o foco é medir com confiabilidade e qualidade, seja na precisão e exatidão dos instrumentos de medição, seja na qualidade de incerteza de medição alcançada. Por fim, o tópico de segurança é apresentado e tem o objetivo de garantir que os instrumentos e equipamentos utilizados na medição sejam calibrados, verificados e se necessário substituídos por itens novos, modernos e mais robustos. Para que haja segurança no novo produto ou serviço, é necessário também que seja comprovado a competência de pessoas e organizações (ACC METROLOGIA, 2020).

Segurança no produto, também se relaciona com segurança para a sociedade, a Metrologia Legal é bem presente quando se fala em assegurar direitos do consumidor e sob supervisão do governo, com resultante ela gera benefícios sociais.

4.3 Sociais

As medidas fazem parte de nosso dia a dia e interferem na economia desde o momento em que o cidadão acorda e liga a luz, quantificada para cobrança pelo medidor de energia elétrica, em seguida sendo quantificado pela água consumida do lavar do rosto ao banho, pelo hidrômetro instalado em residências e indústrias; a maioria dos produtos matinais são medidos e pesados, ou seja quantificados para determinação de seu preço sem a presença do consumidor que acredita e confia nas medidas indicadas em cada invólucro; da residência ao trabalho o cidadão é medido no combustível que consome e paga, segundo os indicadores de volume e preço das bombas de combustíveis líquidos, assim como na velocidade que desenvolve nas vias públicas pelos “radares” de velocidade, ou no teor alcóolico permitido para conduzir veículos automotores, através dos etilômetros (REVISTA JUS, 2016).

Garantindo direitos não somente ao consumidor, como também prestadores de serviços, pois quando se usa o termo social é pra englobar tanto sociedade como empresas de modo geral. Sendo transparente para que o nível de confiabilidade seja exposto para consumidores e prestadores de serviços. A indústria também agradece, pois com essa quantificação metrológica fica muito mais fácil gerir os desperdícios, o que reduz custos, mais também evita que materiais utilizados sejam desperdiçados, as indústrias trabalham muito com matéria-prima, matéria essa que vem de origem natural, e é válido lembrar que uma empresa sustentável nos dias de hoje só tem a ganhar.

4.4 Sustentabilidade

Essa movimentação em torno de um consumo mais alinhado à sustentabilidade tem movimentado muitas empresas a rever seus processos produtivos e utilizar tecnologias aplicadas à eficiência de suas atividades no que diz respeito ao uso de recursos naturais.

A metrologia incorpora, além de um referencial teórico reconhecido internacionalmente, um conjunto de ferramentas que auxiliam a compreender o impacto das ações de uma empresa no índice de sustentabilidade (por meio da definição e medição dos indicadores definidos pela companhia); avaliar os riscos associados aos indicadores selecionados, com a realização de avaliações de incerteza, agrupar sistemas e processos utilizando como referência seu índice de sustentabilidade e incertezas associadas e combinar os índices e técnicas de medição da sustentabilidade com técnicas de medição da incerteza (BRANDI; DOS SANTOS, 2016; POMBO; MAGRINI, 2008; BERTRAND-KRAJEWSKI, et al., 2000).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido teve como finalidade apresentar a definição da Metrologia, a importância da rastreabilidade metrológica e a calibração dos instrumentos de medição. Além de evidenciar os benefícios da implementação metrológica, que de certo modo não



acaba influenciando somente dentro da indústria, e sim se ramifica e atinge diversas áreas.

A relevância da Metrologia no trabalho industrial está cada vez mais indispensável, isso porque muito se fala em qualidade, mais pouco se ouve em processos metrológicos. Muitas empresas que são referência em certificações de qualidade, inevitavelmente passaram por um bom processo metrológico que, como consequência gera qualidade. Isso acontece pelo fato desses processos de produção seguirem algumas normas de padronização que asseguram o uso seguro do produto final, como o mercado industrial é muito diversificado e para atender as diferentes demandas a Metrologia se fragmenta, na Científica, Industrial e Legal. Sendo assim uma interligada a outra, não deixando de atender nenhum setor, basta pensar, para tudo que necessita de medição, sempre a metrologia estará inserida.

Com um mercado cada vez mais competitivo, indústrias que inserem metrologia em seus processos de produção só tendem a ganhar, pois esta por sua vez evita falhas futuras, que ocasionariam em retrabalho, alongando mais o tempo de produção, gerando aumento de custo. Empresas que não padronizam seus produtos, ficam mais vulneráveis ao tentar identificar possíveis falhas, se não há metrologia, provavelmente um produto sem cumprir os devidos requisitos de padronização, terá uma baixa qualidade, tudo isso por não otimizar seus processos. Mais, por não estar somente focada na otimização de processos, ela acaba por dar respaldo também aos produtores e consumidores, com órgãos competentes, que asseguram direitos de ambos.

Para complementar a otimização dos processos, por trás existem os procedimentos usados para manter instrumentos e equipamentos em bom funcionamento, como calibração e rastreabilidade. Não deixando nada passar despercebido, para assim manter o controle de manutenções futuras, certificando que instrumentos e equipamentos seguem à risca a normatização imposta. Um instrumento descalibrado pode trazer inúmeros problemas para empresas, incluindo acidentes.

Entende-se que através deste projeto de pesquisa os benefícios que a Metrologia trás, com um mercado cada vez mais competitivo a busca por qualidade e inovação nunca deixa de estar associada a processos otimizados, empresas buscam gerar mais lucro e para isso investem e, consumidores buscam por produtos que atendam suas necessidades. À proporção que metrologia toma é gigantesca, ela move a economia, possibilitando até a sustentabilidade, fator importante nos dias atuais. Então, de tudo um pouco tem Metrologia no meio, e que quem abre as portas para sua atuação, só tende a ganhar.

Referências

A IMPORTÂNCIA da metrologia da metrologia industrial. Certificado cursos online, 2020. Disponível em: <https://certificadocursosonline.com/blog/a-importancia-da-metrologia-industrial/>. Acesso em: 29 de mar. de 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Sistema de gestão da qualidade** - Requisitos: NBR ISO 9001, (2000). Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR24_0698.pdf. Acesso em: 17 de nov. de 2021.

- ALBERTAZZI, ARMANDO & SOUSA, ANDRÉ R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. São Paulo: Manole, 2008. Acesso em: 30 de abr. de 2022
- ALMEIDA, Amanda Martins de. **Estudo sobre o desenvolvimento do método de calibração para o abrasímetro**. 2020. Tese de Doutorado. Acesso em: 24 de abr. de 2022
- ASSIS, Fabio Francisco de. **Entenda a diferença entre laboratórios RBC e rastreados**. Blog da Metrologia, 2018. Disponível em: <https://blogdametrologia.com.br/entenda-as-diferencas-entre-laboratorios-rb-c-e-rastreados/>. Acesso em: 27 de abr. de 2022.
- BRANDI, H. S., & DOS SANTOS, S. F. (2016). Introducing measurement science into sustainability systems. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 1-13. Acesso em: 1 de mai. de 2022
- BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L., BARRAUD, S., & CHOCAT, B. (2000). Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. **Environmental Impact Assessment Review**, 20(3), 323-331. Acesso em: 1 de mai. de 2022
- CALIBRAÇÃO e verificação: afinal, qual a diferença entre elas?** Nexxto, 2020. Disponível em: <https://nexxto.com/calibracao-e-verificacao-afinal-qual-a-diferenca-entre-elas/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20calibra%C3%A7%C3%A3o%20%3F,ele%20esteja%20fora%20da%20toler%C3%A2ncia.> Acesso em: 2 de abr. de 2020
- ASSIS, Fabio Francisco de. **Certificados de Calibração: como atender requisitos normativos e de clientes sem dor de cabeça**. Blog da Qualidade, 2020. Disponível em: <https://blogdaqualidade.com.br/certificados-de-calibracao/>. Acesso em: 2 de abr de 2022
- DA SILVA NETO, João Cirilo. **Metrologia e controle dimensional**. Elsevier, 2012.
- DIFERENÇA entre calibração rastreável e calibração RBC**. Microlider, 2018. Disponível em: <https://microlider.com.br/diferenca-entre-calibracao-rastreavel-e-calibracao-rbc/#:~:text=Quando%20o%20equipamento%20%C3%A9%20calibrado,ser%C3%A1%20justamente%20o%20oposto%20disso.> Acesso em: 26 de abr. de 2022
- ENTENDA o papel fundamental da metrologia**. Rio Expert, 2020. Disponível em: <https://rio.expert/blog/institucional/entenda-o-papel-fundamental-da-metrologia-industrial/>. Acesso em: 3 de abr. de 2022
- FERNANDES, Wilson Donizeti; NETO, PLOC; SILVA, José R. **Metrologia e Qualidade—sua importância como fatores de competitividade nos processos produtivos**. XXIX Encontro Nac. Eng. Produção, 2009. Acesso em: 1 de abr. de 2022
- JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **O que é grandeza?** Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-grandeza.htm>. Acesso em 31 de mar. de 2022.
- JÚNIOR, Joab Silas da Silva. **Sistema Internacional de Unidades**. Mundo Educação, 2020. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/sistema-internacional-unidades.htm#:~:text=O%20Sistema%20Internacional%20define%20um,s%C3%A3o%20denominadas%20de%20grandezas%20derivadas.> Acesso em: 31 de mar. de 2022
- KRISTEL ROBERTSON AND JAN A. SWANEPOEL. **The economics of metrology**. Research paper 6/2015. September 2015. Australian Government. Department of Industry, Innovation and Science. Acesso em: 28 de abr. de 2022
- LASERMEC. **Metrologia Industrial: Conheça os benefícios e como implementar**. Blog Lasermec, 2020. Disponível em: Acesso em: 30 de abr. de 2022
- MARQUARDT, Ana Cláudia. **O que é metrologia?** Blog da Metrologia, 2017. Disponível em: <https://blogdametrologia.com.br/o-que-e-metrologia/>. Acesso em: 17 de nov. de 2021.
- MARQUES, José Roberto. **Afinal o que pode ser considerado qualidade do produto?** IBC Coaching, 2020. Disponível em: <https://www.ibccoaching.com.br/portal/afinal-o-que-e-ou-o-que-pode-ser-considerado-qualidade-do-produto/#:~:text=A%20qualidade%20de%20um%20produto,satisfazer%20as%20necessidades%20do%20cliente.> 30 de abr. de 2022
- METROLOGIA produtiva e os benefícios econômicos**. ACC Metrologia. Disponível em: <https://accmetrologia.com.br/metrologia-produtiva-e-os-beneficios-economicos/>. Acesso em: 30 de mar. de 2022

NARA, Y. (2003). Research Laboratories Conforming to ISO/IEC 17025. *International Journal of PIXE, World Scientific*, Volume 13, N° 1 e 2, pp 5-9. Acesso em: 27 de abr. de 2022

O QUE é certificado de calibração? Alfa Instrumentos, 2020. Disponível em: <https://www.alfainstrumentos.com.br/certificado-de-calibracao/>. Acesso em: 2 de abr. de 2022

OLIVEIRA, André Luís de. **Metrologia industrial: o que você perde quando não prioriza a garantia da qualidade?** Certi, 2018. Disponível em: <https://certi.org.br/blog/metrologia-industrial-garantia-da-qualidade/>. Acesso em: 2 de abr. de 2022

PENTEADO, José Tadeu Rodrigues. A metrologia como processo indutivo do Estado na regulamentação técnica de proteção do consumidor antes da defesa do consumidor. *Revista Jus Navigandi*, ISSN 1518-4862, Teresina, ano 21, n. 4625, 29 fev. 2016. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/46448>. Acesso em: 1 mai. 2022.

PIRES, Leonardo Rafael. **Sistema Internacional de Unidades**. Quero Bolsa, 2020. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/fisica/sistema-internacional-de-unidades>. Acesso em: 31 de mar. de 2022

POMBO, F. R., & MAGRINI, A. (2008). Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. *Gestão & Produção*, 15(1), 1-10. Acesso em: 1 de mai. de 2022

QUAIS as principais dúvidas sobre calibração RBC. Grupo NORMATEC, 2017. Disponível em: <https://gruponormatec.com.br/blog/duvidas-sobre-calibracao-rbc/>. Acesso em: 26 de abr. de 2022

QUAIS setores da indústria podem demandar mais a metrologia? Por quê? Disponível em: [https://metrologia.org.br/wpsite/quais-setores-da-industria-podem-demandar-mais-a-metrologia-por-que/#:~:text=Podemos%20dividir%20a%20metrologia%20em,e%20\(III\)%20Metrologia%20Industrial](https://metrologia.org.br/wpsite/quais-setores-da-industria-podem-demandar-mais-a-metrologia-por-que/#:~:text=Podemos%20dividir%20a%20metrologia%20em,e%20(III)%20Metrologia%20Industrial). Acesso em: 2 de abr. de 2022

QUAL o papel da metrologia nas empresas? ACC Metrologia. Disponível em: <https://accmetrologia.com.br/qual-o-papel-da-metrologia-nas-empresas/>. Acesso em: 24 de abr. de 2022.

RASTREABILIDADE metrológica dos resultados de medição para SI. Mundo da Metrologia, 2021. Disponível em: <http://www.mundodametrologia.com.br/2021/03/rastreabilidade-metrologica-dos.html> 27 de abr. de 2022

Resolução do Conmetro nº1 - Diretrizes Estratégicas para a Metrologia Brasileira 2018 –2022. Asmetro – SI. Disponível em: <https://asmetro.org.br/portalsn/2017/07/28/resolucao-do-conmetro-no-1-diretrizes-estrategicas-para-a-metrologia-brasileira-2018-2022/>. Acesso em: 29 de mar. de 2022

ROCHA, Gelson Martins da. Metrologia científica e industrial: ciência e tecnologia apoiando a inovação e competitividade da indústria. *Revista Analytica*. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/metrologia-cientifica-e-industrial-ciencia-e-tecnologia-apoiando-a-inovacao-e-competitividade-da-industria/> Acesso em: 28 de mar. de 2022

SAIBA agora quais as diferenças entre calibração RBC e rastreada. KN Waagen, 2019. Disponível em: <https://blog.knwaagen.com.br/saiba-agora-quais-as-diferencas-entre-calibracao-rbc-e-rastreada/>. Acesso em: 2 de abr de 2022

SAMPAIO, F. E. et al. **O papel da metrologia legal no INMETRO como ferramenta de política industrial.** In: Resumos do V Congresso Brasileiro de Metrologia. 2009. p. 1-7. Acesso em: 31 de mar. de 2022

SANTANA, Márcio Antonio Aparecido et al. Rastreabilidade Metrológica e os Critérios de Aceitação para a Instrumentação Meteorológica/Ambiental. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, v. 32, n. 1, 2008. 27 de abr. de 2022

SANTOS FERREIRA, ricardo kropf; DE SOUZA ANTUNES, adelaide maria. A cadeia de avaliação da conformidade brasileira para o setor de defensivos agrícolas: ferramenta para o desenvolvimento sustentável. *Revista ibero-americana de ciências ambientais*, v. 3, n. 1, 2012. Acesso em: 2 de abr. de 2022

SENNA, Marcos. Metrologia legal. *Revista Analytica*, 2021. Disponível em: <https://revistaanalytica.com.br/metrologia-legal/>. Acesso em: 3 de abr. de 2022

TEODORO, Giovanna. **Metrologia não é só para medir! Conheça seus diferentes tipos e respectivos usos.** Disponível em: <https://engenharia360.com/metrologia-tipos-de-medicao/>. Acesso em: 2 de abr. de 2022.

CAPÍTULO 33

LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO HISTÓRICO E PERSPECTIVAS

HISTORICAL DISTRIBUTION LOGISTIC AND PERSPECTIVES

Luis Ricardo Pereira dos Santos¹

¹ Engenheira de Produção, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

Resumo

A logística teve seu único na antiguidade com o surgimento dos primeiros seres humanos que viram a necessidade do transporte e troca de seus cultivos entre pequenos grupos, aparecendo a primeira necessidade de deslocamento de matérias para uso e consumo. Desde então foi ocorrendo um aprimoramento de forma natural para que cada vez mais sua performance buscasse uma distribuição rápida para se suprir pequenas necessidades, algo que foi mudado com o surgimento de grandes impérios como o romano que levou à cadeia logística para o ramo de guerras que geravam uma necessidade enorme de abastecimento para as tropas numerosas em menos tempo possível para não ocorrer qualquer desvantagem no campo de batalha. Sua grande explosão para o mundo deu sim durante a segunda guerra mundial onde países tiveram a necessidade de locomover grandes insumos de um país ou continente para o outro para sanar todas as necessidades de alimentação e armamentos de suas tropas o mais rápido possível para gerar uma vantagem diante de seu inimigo. E com o fim do conflito as empresas viram os benefícios de uma cadeia logística bem estruturada possui para se gerar vantagem, levando as a investir em cada vez mais afim de obter uma logística de distribuição forte, rápida e robusta.

Palavras-chaves: deslocamento, abastecimento, cadeia logística.

Abstract

Logistics had its only one in antiquity with the emergence of the first human beings who saw the need to transport and exchange their crops between small groups, with the first need to move materials for use and consumption. Since then, there has been an improvement in a natural way In order for his performance to increasingly seek a rapid distribution to meet small needs, something that was changed with the emergence of large empires such as the Roman that led to the logistics chain for the branch of wars that generated a huge need for supply for numerous troops in the shortest possible so as not to occur any disadvantage on the battlefield. His large explosion to the world gave yes during the second world war where countries had the need to move large inputs from one country or continent to another to solve all food needs and Armaments of your troops as soon as possible to generate an advantage over your enemy. And with the end of the conflict, companies saw the benefits of a well-structured logistics chain to generate an advantage, leading them to invest more and more in order to obtain a strong, fast and robust distribution logistics.

Keywords: displacement, supply, logistics chain.

1. INTRODUÇÃO

A origem da logística confunde-se com o surgimento da atividade econômica organizada logo depois dos primeiros seres humanos a deixarem a vida nômade e focarem na agricultura que excedia o consumo local, que gerou na necessidade da troca de especiarias com as tribos vizinhas, fazendo surgir três das funções mais importantes da logística o estoque, a armazenagem e o transporte. Um bom exemplo de deslocamento logístico já na antiguidade foram as construções das pirâmides do antigo Egito além de outras obras faraônicas que ocorreram no mundo no período em questão e que necessitaram de grandes deslocamentos de matérias de forma rápida e prática, com o intuito de que tais construções fossem levantadas rapidamente demonstrando riqueza e poder com o passar do tempo.

O termo logística em si teve a sua origem na Grécia antiga derivada do nome *logístikos*, este mesmo termo também foi utilizado pelos impérios bizantino e romano, onde sua grande utilização se dava nos conflitos em que estes impérios se envolviam por necessitarem de um grande aparato para deslocação e abastecimento de suas tropas, com tudo só séculos depois com o grande conflito porém da Segunda Guerra Mundial a logística teve seu destaque pela necessidade de movimentação de tropas, armas, insumos e informações de forma rápida e precisa para minimizar qualquer tipo de erro ou atraso, para assim, se ter uma vantagem sobre seus adversários e com o fim da guerra o mundo virou os olhos para a importância e necessidade no mundo globalizado, onde diariamente se tem seu uso dentro do mercado empresarial.-

E com o fim da segunda guerra mundial o mercado estava bastante oportuno para sua utilização de forma concreta por todo o globo terrestre que necessitava de todos os tipos de produtos desde os produtos básicos de higiene até grandes produções de insumo pós grande parte dos países envolvidos na guerra estavam praticamente destruídos e necessitavam de um reconstrução tanto básica quanto de suas indústrias que deviam produzir de maneira acelerada, isso gerou a necessidade de melhora dos processos industriais fazendo com que a logística ganhasse importância dentro do contexto empresarial.

Com isto a área de logística em uma empresa se tornou de extrema importância para a sobrevivência do negócio já que prazos de entrega e envio de bens se tornaram de máxima urgência a ponto de gerarem dentro do mercado uma competitividade em busca de excelência e velocidade de entrega, com maior rapidez e bons resultados acaba por proporcionar o contato entre o consumidor e o produto de forma ágil. A empresa que consegue tender diferencial nesta área evidencia que possui vantagens e diferenciais competitivos em relação as suas concorrentes no mercado. Pós quanto melhor for sua cadeia de suprimentos ou logística, mas estruturada será a sua distribuição de seus produtos em maiores níveis de velocidade de entrega e despacho eliminando o gasto com altos níveis de estoques gerado pela demora na movimentação e deslocamento dos produtos, possibilitando com que o estoque chegue de forma mais rápida em todas as partes do mundo.

E com a globalização e a integração econômica o cenário muda com muita rapidez com internacionalização dos capitais, investimentos criando uma necessidade de compreender melhor o processo de distribuição de mercadorias pelo Globo e da economia,

e suas muitas variáveis quem implicam dentro dos negócios logísticos. Já que aparentemente a internacionalização parece ser um processo que não tem mais volta e só irá se desenvolver cada vez mais, e com a “diminuição do mundo” criou-se um acirramento da concorrência global, isto fez com que a competitividade das empresas as fossem buscar cada vez mais excelência e eficácia em seus serviços.

Com isso houve a necessidade do surgimento de grandes empresas especializadas na distribuição e transportes de mercadorias de forma volumosa e maciça pelo mundo, e com o fato de se trabalhar com o deslocamento de produtos ser algo muito delicado muitas empresas decidiram deixar seus etológico em posse de tais empresas que já nasceram focada nessa área criando a necessidade do surgimento da terceirização. Ao invés de algumas organizações distribuírem seus produtos preferem utilizar os serviços de outras que já trabalham nesse ramo, e que possui muito mais conhecimento técnico e sobre rotas e todo o serviço que será feito, além de possuírem melhores tecnologias para efetuação de um trabalho bem feito demonstrando de forma perceptível que já possuem bagagem e experiência dentro do setor estará atuando e possibilitando fazer entregas rápidas, seguras e com excelência superior.

2. EVOLUÇÃO HISTÓRICA

De acordo com Bowersox (2010, p. 19), a logística existe desde os primórdios dos tempos e que sua evolução “tornou-se uma das áreas mais desafiadoras e interessantes da administração nos setores privado e público”. Com o surgimento da logística e distribuição de produtos e insumos tem seu início atrelado com o aparecimento dos primeiros seres humanos que viram a necessidade de ter que compartilhar suas iguarias com tribos vizinhas para sobreviverem por mais tempo e se desenvolveram economicamente e evolutivamente até criarem uma sociedade mais complexa, com regras e leis a serem seguidas, consecutivamente surgindo os primeiros grandes impérios da humanidade.

Um dos grandes exemplos foram os egípcios com suas construções faraônicas que necessitaram de um grande aparato de pessoas e uma cadeia distributiva gigantesca, para suprir a necessidade dos operários e escravos lá presente, além das grandes colunas de pedras que eram trazidas de outra parte do país ou até menos do continente para compor a estruturas das grandes pirâmides e estátuas que fora construída. Criando uma necessidade de grande planejamento logístico para se suprir necessidades, tanto humanas quanto de materiais para que não se impacta nas construções de tais obras de altas complexidades para época.

E mais para frente houve o surgimento do império romano que revolucionou o ramo logístico já que graças às suas políticas expansionista, demônios de territórios no qual fez com que se ocupa um espaço territorial gigantesco entre a Europa, Ásia e oriente médio. E fosse deixando grandes monumentos gigantescos e magníficos por toda a parte que para a sua construção necessitaram de uma cadeia distributiva sem pretendentes para a época, suprimindo quaisquer necessidades de materiais para construções, insumos e escravos já que muitos deles morriam por causa da cansativa jornada de trabalho e completa falta de segurança na qual eles eram expostos. Um bom exemplo de tais construções onde isto ocorreu foi nas construções de grandes aquedutos para transporte de água para as gran-

des cidades do império que chegavam a percorrer uma distância quilométrica do ponto de coleta da água até a cidade na qual iria abastecer.

Porém foi no quesito guerra que o império romano mais se destacou com sua cadeia distributiva, que para suprir as necessidades de um dos maiores exércitos da história que possuía milhares de soldados que consumiam toneladas de insumos, toneladas de armamentos entre outras necessidades que em si se tornavam numerosas é que podiam durar por anos consecutivos em um período de guerra. Foi inevitável o surgimento de uma cadeia logística gigantesca e altamente complexa para suprir qualquer necessidade ou acontecimento inesperado que pudesse a vir a aparecer.

Com tudo, o momento que o mundo interior abriu os olhos para o verdadeiro valor que a logística possuía foi durante a Segunda Guerra Mundial que durou de 1 de setembro de 1939 até setembro de 1945 onde ocorreu uma movimentação de proporções nunca vista antes de informações, soldados, civis, armas, insumos de um país para o outro de um continente para o outro de forma rápida e precisa para que todo ganho de tempo fosse uma vantagem sobre seus inimigos e isso só era possível graças à cadeias logísticas gigantescas, planos de distribuição nunca vistos antes já que qualquer movimentação de suprimento dentro da guerra na qual envolvia milhares de pessoas e equipamentos se tornava algo sem precedentes nunca visto na história da humanidade, e quando o conflito chegou ao fim, empresas de todos os ramos viram numa cadeia distributiva bem organizada a chance de se tornarem gigantes e estarem por todas as partes do mundo, colocando seus produtos nos quatro cantos do mundo de forma rápida e eficiente solidificando à globalização entre empresas e países.

3. UTILIZAÇÃO DENTRO DAS EMPRESAS E GLOBALIZAÇÃO

Com toda a demonstração de sua eficiência e necessidade de ser utilizada para possibilitar vantagens sobre seus oponentes as empresas pelo mundo visaram constituir uma cadeia de distribuição gigantesca, bem estruturada, sólida, capaz de chegar em qualquer parte mais remota que fosse no mundo, a gerando vantagens sobre seus concorrentes. Toda empresa por menor que seja deve possuir uma cadeia de suprimento minimamente estruturada e que vá até onde seu cliente mais afastado se encontra.

O processo de gerenciamento estratégico da compra, do transporte e da armazenagem de matérias-primas, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatos) através da organização de seus canais de marketing, de modo a poder maximizar as lucratividades presentes e futuras por meio de atendimento dos pedidos a baixo custo (CHRISTOPHER, 2007).

Com o tempo empresas pelo mundo fortaleceram seu setor distributivo ao olhar para os três pilares principais da logística que é o estoque, armazenagem e transporte e ao descobrir as possíveis falhas que estariam acontecendo dentro do deslocamentos de seus produtos e quanto das falhas foram supridas e corrigidas tornando essas 3 funções principais para o estruturalmente logístico mas robustas e eficientes sugeriram as vantagens sobre seus concorrentes e as espalhando pelo mundo de forma rápida e precisa e onde quanto mais cresciam de se espalhavam pelo mundo mais necessitavam suprir necessida-



des de deslocamentos, de praticidade, velocidade e eficiência.

Nesse aspecto, é cada vez mais importante que as empresas busquem melhorar os seus processos, gerando melhorias significativas no serviço prestado. Gonçalves (2000) aponta que todo trabalho importante realizado nas empresas faz parte de algum processo, uma vez que segundo o mesmo, não existe um serviço ou produto oferecido por uma organização sem um processo envolvido. Igualmente, não faz sentido existir um processo empresarial que não ofereça um serviço ou produto. Com isso, nota-se que o processo de gerenciamento de atividades em uma empresa é de extrema relevância, já que pode possibilitar uma vantagem competitiva. Camargo (2004) aponta que:

O gerenciamento de atividades em uma empresa é fundamental para o controle dos custos de distribuição e para garantir vantagem competitiva em relação aos concorrentes, num mercado cada vez mais competitivo e que exige das empresas distribuidoras, estratégias de logística muito bem planejadas e executadas com precisão (CAMARGO, 2004. p. 09)

Ocasionalmente o surgimento de setores específicos unicamente para lidar com a logística distributiva das empresas tendo assim o controle total de tudo que poderia acontecer ou quase tudo já que imprevistos podem acontecer e pensando nisso a equipe de especialista que atuam unicamente nessa área já possuem planos de contenção e solução para eventuais imprevistos. É um dos fatores de medição da saúde da empresa pode ser considerado o setor logístico, pois quando ele está bem é sinal de que a empresa está bem dentro do mercado.

E com o mercado cada vez mais competitivo houve o surgimento de empresas de foco exclusivamente para o ramo logística com melhores tecnologias, melhores rotas, maiores facilidades de despacho e pensamento exclusivamente na cadeia de distribuição por todo o mundo de norte a sul de leste a oeste, fazendo com que muitas empresas deixassem de mão a chance de possuir e lidar com qualquer problema que uma cadeia logística pode oferecer e contrataram os serviços dessas tais empresas dando o surgimento da terceirização na qual outra empresa capacitada fornecesse o serviço desejado para outras empresa afim de minimizar qualquer erro ou problema que a empresa contratante poderia a vim possui caso ela mesma forcem-se este serviço.

O surgimento deste modelo de empresas causou a evolução tecnológica na área, além do surgimento de métodos ágeis especialmente focados no setor logístico, melhores rotas foram descobertas e propostas gerando mais competitividade. Ao ponto de muitas empresas pioneiras se tornarem referência para outras empresas desse ramo, que seguiram mais para frente e já tinham um modelo de sucesso a se seguir, um padrão de serviço para fornecer, rotas bem estruturadas e com alto índice de locomoção para melhor distribuição de mercadorias.

Empresas que focaram em fornecer os seus serviços logísticos para distribuição de matérias de terceiros tiveram como base para seu surgimento a necessidade e falta de capacidade que muitas empresas possuíam de estruturar uma cadeia logística e quando chegavam a ter em muitos casos elas eram falhas, na qual gerava transtornos, muitos atrasos e extravios de mercadorias impactante diretamente no consumidor final. Porém com o surgimento dessas organizações com o foco exclusivo em rotas nas qual elas se propuseram a serem especialista, perceberam um mercado consumidor gigantesco deixa-

do pela não capacidade de algumas empresas de manterem suas cadeias de distribuição ativas e eficientes, gerando muita das vezes a dependência muita das vezes de forma simbiótica das terceirizadas do ramo logístico.

E com empresas com foco único na distribuição de mercadorias surgiu a facilidade de ligação entre países e continentes de forma rápida e segura, gerando várias trocas de experiências e tecnologias que só fazem com que as organizações cresçam cada vez mais, se ramifiquem, desenvolvam novas rotas globais, projetos que se adaptam a diferentes culturas, solos, temperaturas que podem ser encontrados em lugares afastados aonde os insumos podem chegar apesar da distância e da dificuldade, já que com o crescimento constante da globalização se tornou indispensável uma cadeia logística que possa suprir todos os territórios presentes do globo.

4. PERSPECTIVAS DE FUTURO

E já olhando para esse encurtamento do mundo na qual transformou todas os quatro cantos do globo um local só é notável que em uma perspectiva de futuro para o setor logístico evidência que a terceirização é o futuro por mostrar uma adaptação vantajosa para as empresas já que devem possuir outros ambientes dentro dela que necessitam de uma maior dedicação e tendem a buscar empresas já especializadas no ramo lógico para fazerem duas cadeias distributivas e com o uso da tecnologia especializada dessas empresas terceirizada que geraram cadeias de suprimentos globais tornaram o mundo um único lugar, além de que com o tempo o acompanhamento em tempo real deve ser torna ainda mais preciso possibilitando um controle mais rigoroso. É uma ferramenta altamente propensa para o setor logístico foi criação do *supply chain* que possibilitou com que seus profissionais trabalhem com quaisquer parceiros em qualquer lugar do planeta.

Com o surgimento de novas plataformas exclusivamente feitas para o setor logístico irá deixar os motoristas do ramo distributivo ainda mais conectados assim como os fornecedores de LTL (FTL) a medida que novas tecnologias surgem e se desenvolvem gerando maior capacidade e variação opcional e de qualidade para que empresas que busquem outras organizações especializadas em fornecerem uma cadeia de suprimentos tenham opção de escolha, ocasionando maior concorrência que fará uma buscar uma maior qualidade na prestação de serviços criando um ciclo continuou de desenvolvimento e crescimento mútuo.

Uma grande promessa para o futuro será a capacidade de o cliente ver o seu pedido ser montado para envio ainda no chão de fábrica e desde esse momento já possuir o controle e conhecimento de como está a situação até a sua entrega por meio de um acompanhamento em tempo real que atualmente já é utilizado mais que está cada vez mais preciso, mas integrador dando um sentimento de companheirismo e domínio da situação para o cliente final. No qual cria um sentimento profundo entre clientes e empresas algo essencial nos tempos modernos que demonstra mais as decisões de compras que clientes modernos possuem dentro do mundo contemporâneo.

O aparecimento de tais tecnologias como *blockchain* e até mesmo a inteligência artificial é uma forma de se observa a frente o desenvolvimento e forma com o que a cadeia



distributiva iria se comportar no futuro que se tornará cada vez mais presente onde não aceitará empresas que atuam de forma desatualizada que ainda estão pressas ao passado utilizando sistemas tradicionais que antes eram motivos de sucesso com tudo hoje são obsoletos é só geram desgastes e empresas que não buscarem a automatização de seus processos de dados que informação sua movimentação em tempo real a todo momento ficaram para trás dentro do mercado é possivelmente em futuro próximo não possuíram mais espaço.

O futuro do setor logístico obrigara empresas e funcionários a se adaptarem a buscar conhecimento, especialização já que possuirá níveis mais altos de automação cognitiva que irá fornecer maior velocidade e visibilidade de decisão nunca antes vistas na história humana e só quem está dentro dessa nova realidade onde armazém e lojas a varejo possivelmente estarão na vanguarda desta nova fase de inovação e só as pessoas e organizações que se propuserem a buscar conhecimento, aprimoramento.

E claramente a terceirização com suas tecnologias especializadas deram a realidade deste futuro em que possuíram maior gerenciamento, acompanhamento drasticamente com o objetivo de aumentar a eficácia e a eficiência dentro da cadeia logística. A maior prova para se afirmar sobre o futuro da terceirização sendo a pioneira do setor é o aumento crescente de forma maciça das vendas online do e-commerce onde todas as duas entregas para seus clientes só feitas exclusivamente por outras empresas que já são especialistas do setor distributivo. Empresas gigantescas como Mercado Livre, Magalu, ZF entre outras possuem cadeias de suprimentos gigantescas de forma global até, mas grande parte dessa rota são feitas por outras empresas que já conhecem determinadas áreas e sabem como lidar com situações que podem acontecer, em poucas palavras o futuro só estará à disposição de quem se adaptar melhor, possuir a melhor tecnologia, maior e mais eficiente forma de se ligar com os imprevistos e ainda passar ao cliente de que ele é o elo mais importante dentro da cadeia de suprimentos

Referências

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, R.H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas S.A, 1993
- BOWERSOX, Donald J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. 1. ed. São Paulo. Atlas, 2010
- CAMARGO, F. W. **ANALISE DO SISTEMA LOGÍSTICO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA DISTRIBUIDORA DE ALIMENTOS — O CASO DA DEYCON COMÉRCIO E REPRESENTAÇÕES LTDA**. Florianópolis, 2004.
- CHRISTOPHER, M. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- GONÇALVES, J.E.L. As Empresas são Grandes Coleções de Processos. **Revista de Administração de Empresas**, 2000.
- PEREIRA, D.; SILVA, M. A. Introdução a logística. **Revista Gestão em Foco** - Edição nº 9 – Ano: 2017
- SABINO, M. A.; FERREIRA, K. A. **DIAGNÓSTICO DA LOGÍSTICA DE DISTRIBUIÇÃO EM UMA EMPRESA DA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UM ESTUDO DE CASO**. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Belo Horizonte, MG, Brasil, 04 a 07 de outubro de 2011.

CAPÍTULO 34

GESTÃO DE ESTOQUE: APLICAÇÃO DO MÉTODO JUST IN TIME NAS EMPRESAS

*INVENTORY MANAGEMENT: EXPANSION OF THE JUST IN TIME
METHOD IN COMPANIES*

Mileide Pinto de Sousa¹

¹ Engenheira de Produção, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

Resumo

A implantação da gestão de estoque dentro das organizações é fundamental, podendo auxiliar na tomada de decisões como propósito de evitar rupturas e excedentes. Objetiva-se analisar os benefícios da gestão de estoque com base na aplicação da Filosofia just in time nas empresas. E possui como objetivos específicos: realizar um levantamento bibliográfico de obras que estejam relacionadas ao conceito de: estoque, gestão de estoque e a filosofia just in time que venham fomentar essa pesquisa, identificar quais são os fatores que interferem no resultado da empresa no que diz respeito aos estoques a partir da delimitação do tema e da hipótese formulada, demonstrar os benefícios da gestão de estoque e da aplicação da filosofia just in time e os ganhos que podem trazer as organizações e por fim verificar os problemas que podem ser tratados e otimizar resultados em função da implantação de procedimentos de estoque com base na filosofia just in time. Para tanto, procede-se a uma revisão bibliográfica, tendo como base livros, dissertações, revistas e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), latino-americana-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Portal da CAPES, Pubmed e Google Acadêmico. Foram incluídas apenas as publicações que responderam à questão do estudo, publicadas nos últimos vinte um ano, todos os tipos de delineamentos metodológicos foram aceitos. Desse modo, observa-se que a aplicação do método Just in time é benéfica para desenvolvimento das empresas, pois auxilia no planejamento e controle do estoque.

Palavras-chave: Gestão de Estoque. Just In Time. Planejamento. Controle.

Abstract

The implementation of inventory management within organizations is essential, and can assist in decision-making in order to avoid ruptures and surpluses. The objective is to analyze the benefits of inventory management based on the application of the just in time philosophy in companies. And it has as specific objectives: to carry out a bibliographic survey of works that are related to the concept of: stock, stock management and the just in time philosophy that will promote this research, identify which are the factors that interfere in the company's result in what it says respect to inventories from the delimitation of the theme and the formulated hypothesis, to demonstrate the benefits of inventory management and the application of the just in time philosophy and the gains that organizations can bring and, finally, to verify the problems that can be treated and optimize results due to the implementation of inventory procedures based on the just-in-time philosophy. To this end, a bibliographic review is carried out, based on books, dissertations, journals and scientific articles selected through a search in the following databases Scientific Electronic Library Online (SciELO), Latin American and Caribbean in Sciences of Health (LILACS), CAPES Portal, Pubmed and Google Scholar. Only publications that answered the study question, published in the last twenty one year, all types of methodological designs were accepted. Thus, it is observed that the application of the Just in time method is beneficial the development of companies, as it helps in the planning and control of stock.

Key-words: Inventory Management. Just In Time. Planning. Control.

1. INTRODUÇÃO

O estoque pode influenciar de maneira negativa e positiva no que se diz respeito a ineficiência da produção e que interfere diretamente no resultado econômico das empresas, na qual representa uma boa parte dos ativos e devem ser vistos como fator potencial na geração de lucros, geralmente os estoques estão entre as principais preocupações dos gestores das empresas. Daí a importância de se discutir sobre estoque neste estudo.

É de grande relevância a pesquisa acerca dos benefícios da aplicação do método *Just in Time* nas organizações, pois esta temática precisa ser discutida frequentemente para ganhar mais visibilidade na sociedade. Sendo assim, o processo produtivo de uma empresa pode ser influenciado por várias sistemáticas ou filosofias, que são capazes de oferecer otimização dos recursos, principalmente em relação ao estoque.

A implantação da gestão de estoque dentro das organizações é fundamental, podendo auxiliar na tomada de decisões como propósito de evitar rupturas e excedentes. O método *just in time* é conhecida como uma ferramenta de administração de produção, que trabalha com a ideia de redução, otimização de recursos e eliminação de desperdícios dos estoques de forma a evitar que os valores investidos demorem a virar lucro. A problemática a ser tratada tem como motivação os efeitos da implantação de procedimentos de Gestão de estoque com base na filosofia *Just In Time* de produção, no qual aborda todos os tipos de desperdícios nas organizações?

O objetivo principal é analisar os benefícios da gestão de estoque com base na aplicação da Filosofia *just in time* nas empresas. E possui como objetivos específicos: realizar um levantamento bibliográfico de obras que estejam relacionadas ao conceito de: estoque, gestão de estoque e a filosofia *just in time* que venham fomentar essa pesquisa, identificar quais são os fatores que interferem no resultado da empresa no que diz respeito aos estoques a partir da delimitação do tema e da hipótese formulada, demonstrar os benefícios da gestão de estoque e da aplicação da filosofia *just in time* e os ganhos que podem trazer as organizações e por fim verificar os problemas que podem ser tratados e otimizar resultados em função da implantação de procedimentos de estoque com base na filosofia *just in time*.

Esta pesquisa refere-se a uma revisão bibliográfica, tendo como base livros, dissertações, revistas e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), latino-americana-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Portal da CAPES, Pubmed e Google Acadêmico. Os descritores a serem utilizados: *Just in time*, Gestão De Estoque, Estoque e entre outros acerca do tema. Foram incluídas apenas as publicações que responderam à questão do estudo, publicadas nos últimos vinte um anos, todos os tipos de delineamentos metodológicos foram aceitos. Após a coleta dos dados, foi feita a leitura de todo material, as principais informações foram selecionadas. Em seguida foi realizada uma análise explicativa das mesmas buscando estabelecer um entendimento e ampliar o conhecimento sobre o tema explorado e desenvolver o referencial teórico.



2. CONCEITOS

2.1 Gestão de estoque

Nas empresas o estoque é considerado um recurso investido nos insumos, produtos em processo e produtos acabados. Dessa forma, entende-se sua importância no desenvolvimento da fabricação, pois sem o estoque a empresa não conseguir iniciar a produção. Sendo assim, responsável pelo sucesso e fracasso econômico da empresa (BIANCHI, 2017).

O estoque pode ser definido da seguinte maneira:

Representa o montante apurado nos diversos inventários da empresa. No caso de indústrias, os estoques são formados por produtos acabados, produtos em processo de fabricação, matérias-primas e materiais indiretos e utilizados na fabricação (ASSAF NETO, 2010, p.53).

Para Assaf Neto (2010) o estoque proporciona uma possibilidade de produzir para que a empresa tenha o que oferecer ao mercado consumidor e lucra com isto. Bianchi (2017) ressalta sua importância associando o mesmo ao resultado econômico da empresa, visto que a ausência de gerenciamento pode ocasionar inexistência de informação no sistema logístico, conseqüentemente, perdas na produção e vendas.

A prática de monitorar a quantidade de produto armazenado é potencializar o efeito lubrificante no feedback de vendas e o entendimento do planejamento da produção. Seguindo deste princípio, a empresa que não projeta a sua produção conforme a demanda, poderá correr o perigo de ter matéria-prima em excesso, ocasionando desperdícios (QUEIROZ, 2015).

Para Rabelo e Paulino (2018) o estoque são quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de modo ineficaz, por algum intervalo de tempo; representam estoques tanto os produtos acabados que cumprem venda ou despacho quanto matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção.

O estoque é um dos processos gerenciado com maior demanda de investimento. Seu custo pode modificar entre 40% a 50% dos gastos em gestão de uma empresa. Portanto, um mal planejamento do estoque ou um controle improdutivo pode gerar prejuízos. Preservar o custo de estoque num nível mínimo pode ser um diferencial competitivo muito forte, sem deixar que falhas ocorram (AIRES *et al.*, 2019).

O estoque é determinado como acumulação de recursos materiais em um sistema de renovação, todos os tipos de operação retêm um estoque qualquer tipo de operação produtiva tem inúmeros tipos de materiais armazenados e/ou estocados.

É de entendimento geral de que todas as empresas precisam ter um almoxarifado, um monitoramento de seus pertences, seus estoques, para poder gerenciar bem tudo que entra e sai na instituição. Por esse motivo o gerenciamento de estoque é relevante para as organizações (GOULART, 2018).

Quando o gerenciamento dos estoques ocorre de maneira correta resulta em vantagem competitiva, assim como, a ausência de gerenciamento pode causar vários problemas financeiros na empresa (BIANCHI, 2017). De acordo com Rocon e Siqueira (2018) a gestão de estoques consiste em ações que revelam ao gestor informações relacionadas ao estoque, como, sua localização, utilização e controle.

O controle e a análise dos materiais armazenados estão associados aos momentos de fazer uma nova compra de produto, a organização e disposição por lotes ou datas, identificação, classificação e outros, é possível qualificar de gestão de estoque. Gerenciamento de estoque é o método integrado pelo qual são obedecidas às políticas da instituição e da cadeia de valor relacionados aos estoques. A atuação reativa ou provoca a necessidade dos clientes para deslocar os produtos através dos canais de distribuição (DANDARO; MARTELLO, 2015).

O controle de estoques é considerado pelos gestores uma estratégia valiosa, pois gerenciar o estoque de modo satisfatório é capaz de influenciar lucratividade da empresa mediante uma reposição enxuta de materiais, prevenindo as perdas com recursos desnecessários e controlando sua utilização. Evitando os estoques de prováveis desperdícios (BENVIDES *et al.*, 2015).

Nogueira (2011) ressaltar que para que o gerenciamento aconteça de forma eficiente precisam realizar algumas ações, como o planejamento do estoque, a gestão da demanda, controle dos estoques e avaliação de desempenho. Na Figura 1, mostra as etapas de gerenciamento de estoques.



Figura 1: Etapas da Gestão de Estoques
Fonte: Nogueira (2011).

Para segurar o gerenciamento bem-sucedido é essencial mapear claramente todos os processos. Conforme a figura, torna-se indispensável investir em um sistema de gestão de estoque para que a empresa possa ter o controle de todo o processo, pois encontrar fórmulas para monitorar estoques sem influenciar o crescimento dos custos é um dos maiores desafios das organizações (NOGUEIRA, 2011).

2.2 *Just in time*

A filosofia do método *just in time* é fundamental na realização das coisas de modo certo desde a primeira vez, onde seu foco está em um processo que seguiu um padrão de desenvolvimento de produto, pois, muitas empresas perdem tempo e dinheiro em retrabalho, ou seja, perda de produção e tempo em corrigir erros que ocorrem no produto por não seguir um padrão (BIANCHI, 2017).

Na concepção do sistema *Just In Time*, o estoque é um desperdício, já que é provável fabricar com qualidade, no momento e lugar corretos, sem perdas e ociosidade. Então, a filosofia procura mostrar algumas formas para obter o objetivo de extinguir os estoques. Método é uma filosofia completa de administração de produção que abrange a gestão de: materiais, qualidade, arranjo físico, projeto do produto, organização do trabalho, recursos humanos, entre outros (BALABUCH, 2017).

Slack *et al.* (2002, p. 482) afirma que:

Jus in time significa produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários, não antes para que não formem estoque, e não depois para que seus clientes não tenham que esperar.

O autor frisa que o método faz com que as empresas consigam produzir de acordo com sua demanda, com objetivo de produzir na quantidade certo e no momento certo, conseqüentemente, eliminando vários desperdícios existente no processo produtivo. Esse processo de produção é caracterizado como enxuta (SLACK *et al.*, 2002, p. 482).

Segundo Monden (2015) o processo *Just In Time* de administração da produção veio a partir da perspectiva de que os estoques podem ter interferência negativa ou positiva no que diz respeito a incapacidade da produção. Sendo assim, o interesse com o planejamento e controle de estoques é essencial a aplicação, visto que os investimentos nesse tipo visam, principalmente, a rentabilidade e a otimização dos custos.

O método *Just In Time* era determinado como a competência de se alcançar a quantidade apropriada de material no momento certo, mas este processo não se centraliza apenas no fluxo material. Com o passar dos anos, o ponto de vista do mesmo evoluiu para dois padrões: o lírico e o pragmático. Dentro do padrão lírico, o método é observado e tratado, muitas vezes, como uma filosofia (MONDEN, 2015).

No entanto, o mesmo pode ser visto como consequência de uma determinada ações, como o aperfeiçoamento do controle de estoque e um melhor plano de produção, enfatizando nas atividades essenciais e na melhoria contínua da qualidade. Assim, uma vez que o *just in time* está entre um componente do surgimento da produção *lean*, é justo dizer que o surgimento JIT é equivalente à origem de produção enxuta em essência (ALCARAZ *et al.*, 2014; ASRI *et al.*, 2016).

O *just in time* traz melhorias para a linha de produção, visando alcançar produtos e serviços ao menor custo e o mais rápido possível. Este objetivo é compreendido pelo meio da redução dos desperdícios de recursos da produção e de um sistema que proporciona meios simples e altamente visíveis de autorização e controle de produção (MONDEN,

2015).

Segundo Bianchi (2017) o *Just in Time* não é decorrência da aplicação de um método específico, demanda de um foco sistêmico seguido de mudanças a nível técnico, gerencial, operacional e humano; e precisará ser inserido seguindo os aspectos operacionais e organizacionais de cada empresa. O método possui três razões chaves para ser implementado: Eliminação de Desperdícios, o Envolvimento dos Funcionários na Produção e o Esforço de Aprimoramento Contínuo.

A relevância de eliminar os desperdícios nos sistemas passou a ser motivo de preocupação para as organizações. Reduzir custos passa a ser fundamental e desperdícios agregam custos. Com a teoria *Just In Time* todos os desperdícios são considerados, passando a ser visíveis. No sistema tradicional todos os desperdícios são interligados e facilmente ignorados pela dificuldade das grandes organizações. Nas pequenas empresas são de fácil destaque, mas fatigantes de serem reduzidos. Já na teoria do *just in time*, os custos de produção são estruturados entre os processos, com mão de obra qualificada e multifuncional e organização e controle entre os processos (OLIVEIRA, 2020).

3. OS BENEFÍCIOS DA GESTÃO DE ESTOQUE NAS EMPRESAS

A gestão de estoques abrange o planejamento dos produtos necessários para o crescimento de qualquer setor de negócio, sendo que as finalidades do planejamento são assegurar o fornecimento apropriado de matérias-primas, peças e demais insumos ao procedimento de industrialização, serviços e comércio (DANTAS, 2020).

Compreende-se por estoque os itens sobressalentes ao necessário, seja em insumo, produto em processo ou produto acabado. A elaboração de estoques acontece para que não haja interrupções do processo das empresas, independente do seu setor e porte (COSTA, 2016).

É importante ressaltar que o excesso de matérias armazenados provoca malefícios no decurso do processo. Dessa forma, o equilíbrio do estoque beneficia a organização no aumento da sua lucratividade e reduzir os danos (SLOMINSKI, 2016). Ou seja, os gestores precisam manter o estoque em equilíbrio para que não falte produtos, nem que tenham produtos em excesso.

De grande relevância o controle do estoque para conservar os níveis de materiais em acordo com o processo produtivo, e ainda às dificuldades das empresas de pequeno porte em realizar o gerenciamento de seus materiais, seja por falta de system, de pessoal, devido aos recursos financeiros más restritos ou demais variáveis (SLOMINSKI, 2016).

É fundamental que uma empresa tenha um estoque bem administrado, bem elaborado e bem administrado, pois faz parte da atividade da empresa e, como resultado, é obtido mediante uma boa gestão de estoque, os preços finais mais apelativos para os clientes, ao mesmo tempo que a empresa procura também poupanças de custos para garantir a sua sobrevivência face a tanta concorrência. (OLIVEIRA; MELO, 2015).



A gestão de estoque, busca -se uma redução de custos de modo a fortalecer a margem de lucro como resultado. Dessa forma, é primordial enfatizar que os estoques são considerados vitais em toda a cadeia de suprimentos, o que significa que existem *trade-offs* entre manter níveis de produtos mais altos ou mais baixos em um estoque em geral, os motivos para manter estoques estão relacionadas à necessidade de manter um determinado nível de serviço ou aos custos derivados indiretamente da capacidade de prestar pronto atendimento (COSTA, 2016).

Uns dos principais benefícios dos métodos de gestão de estoque é a redução de faltas ou atrasos de produtos. Onde, esta meta é atingida através de um bom planejamento e gerenciamento de insumos, pois a falta de produtos acontece quando um item armazenado não está disponível no momento em que é necessário, resultando na perda de uma venda (OLIVEIRA; MELO, 2015).

Oliveira e Melo (2015) ressalta outro fator nesse sentido é a espera por um pedido atrasado, que pode gerar problemas e transtornos futuros para a organização, como a insatisfação do cliente, levando-o a procurar outros fornecedores mais confiáveis e que possam atender suas necessidades rapidamente. Outro fator também é o custo adicional de entrega rápida de um produto, ou seja, devido à falta de estoque.

O modo como uma organização administra seus ativos, bem como a forma como compete no mercado, tem impacto em sua rentabilidade. A forma como uma empresa gerencia seus ativos pode ser vital para se manter competitiva no mercado (OLIVEIRA; MELO, 2015).

Para isso, é importante uma estratégia de corte de custos bem executada pode resultar na redução dos custos totais da empresa. Essa ação pode ajudar a evitar que o cliente fique sem produtos ao impedir uma compra maior do que o necessário, auxiliando assim na redução de desperdícios e no controle da validade do produto. Além disso, a gestão de estoques permite comparações com períodos anteriores para melhor compreender as mudanças de mercado e econômicas, auxiliando no desenvolvimento de novas estratégias para melhor atender os clientes (DANTAS, 2020).

Segundo o autor, dentro dos benéficos da gestão de estoque está a possibilidade de melhorar o nível de serviço, aumentar a eficiência da produção, proporcionar economia de escala nas compras e no transporte, proteger a empresa de aumentos de preços dos produtos e manter a organização informada sobre incerteza na demanda e busca, bem como no tempo que leva para responder (DANTAS, 2020).

Melhorias na gestão de estoque permitem determinar quanto estoque uma organização deve manter à mão em caso de emergência e quanto estoque deve ser adquirido, ou, em outras palavras, a capacidade de um gráfico organizar suas necessidades de materiais de forma que não fiquem aquém e não ultrapassem sua capacidade (OLIVEIRA; MELO, 2015). Com o desenvolvimento das referidas ferramentas, as empresas poderão maximizar a utilização dos seus ativos, alinhando-os com as metas e objetivos organizacionais, gerando assim lucros, quer em termos financeiros é uma vantagem competitiva (OLIVEIRA; MELO, 2015).

3.1 Os ganhos com aplicação da gestão de estoque

A gestão do estoque permite que as empresas obtenham ganhos significativos, melhorando a eficiência, eliminando falhas, reduzindo custos e aumentando a confiança e rapidez na resposta ao almoxarifado. Empresas bem organizadas e que administram bem seus ativos são mais eficientes e preparadas para enfrentar o mercado e seus concorrentes (SANTANA, 2014).

A manutenção de estoques resulta em altos custos para as empresas que buscam maximizar seus investimentos materiais, aumentando o uso eficiente dos recursos internos e reduzindo a necessidade de recursos financeiros. Como resultado, sem dúvida, o principal objetivo de qualquer organização é maximizar o retorno sobre o investimento (SAURIN *et al.*, 2014).

Com isso, a administração de estoque deve conciliar da melhor forma possível os objetivos de departamentos como compras, produção e vendas financeiras, sem comprometer a eficiência operacional da empresa (SILVA, 2020). Na figura 2, mostra este ciclo quando se tem um bom gerenciamento de estoque.



Figura 2: Administração de estoque.

Fonte: Silva (2020).

Observa-se que não figura 2, que para ter uma boa direção no planejamento e gerenciamento dos insumos deve seguir as etapas até o produto sair para a venda. Dessa forma, o controle de diversos tipos de custos pode resultar na redução do preço a ser pago por unidade adquirida por meio do poder de negociação da empresa na área de compras; na redução do custo de pedido por meio de negociação com o fornecedor de compras ou custo de inspeção para lotes parcelados; em minimização do custo de falta de item em estoque capaz de proporcionar grande prejuízo (SILVA, 2020).

A gestão de estoques, de acordo com sua visão, é uma ferramenta que permite ganhos significativos via eficiência na redução de custos e falhas, bem como no planejamento e controle do fluxo de materiais dentro das empresas. Apesar de sua complexidade, porém, o processo de planejamento estratégico tende a produzir melhorias em termos de

custos e disponibilidade de produtos, ambos impactando diretamente na lucratividade da empresa (OLIVEIRA, 2020).

A gestão de estoque é fundamental para as organizações, pois permite - lhes tornarem - se mais competitivas nos mercados em que atuam, garantindo a máxima eficiência na produção, abastecimento, distribuição e pós-venda, índices de satisfação do cliente muito altos atualmente, a função de compras, monitoramento, planejamento e controle da produção, bem como a função de gestão da distribuição, está incluída no termo "gestão do estoque". Com isso, métodos de controle de qualidade são necessários, pois afetam outras áreas do negócio, como finanças, marketing e vendas (AMARO, 2018). Em outras palavras, a falta de organização nos processos de armazenamento pode levar a perdas e consequências significativas. Como resultado, gesto e controle de estoque é o processo que compreende o que é benéfico para uma empresa ter em seu estoque, para não ter prejuízo com o mesmo (AMARO, 2018).

4. IMPLANTAÇÃO DOS METODOS DE GESTÃO DE ESTOQUE

É de suma importância a implantação da gestão de estoque, pois o inventário deve incluir não apenas os produtos armazenados em cofres, mas também aqueles que são exibidos em prateleiras para visualização do consumidor. A necessidade de acompanhar tudo o que acontece em um armazém surge da necessidade de gerencia - ló (BORGES *et al.*, 2010).

Portanto, controlar a quantidade de estoque disponível, decidir se deve fazer uma nova compra, organizar e distribuir por lotes ou datas, identificar, classificar e outras tarefas podem ser classificadas como gerenciamento de estoque ou gerenciamento de estoque (BORGES *et al.*, 2010).

É relevante ressaltar que a implantação da gestão de estoque é um processo complexo, pois está associada a adesão às políticas da empresa e da cadeia de valor em relação aos estoques. Ou seja, uma abordagem proativa ou provocativa faz uso da demanda do cliente para movimentar produtos mediante canais de distribuição (DANDARO; MARTELLO, 2015).

A grande vantagem da implementação de um sistema de gestão é a capacidade e rapidez que o mesmo possui para alimentada de informações lançadas até o momento da chegada aos setores envolvidos na solicitação do serviço, todo em tempo real, interagindo com todos os aplicativos (DANDARO; MARTELLO, 2015).

Para KOGIK (2018) a introdução da gestão de estoque permite comprar os produtos necessários para manter o funcionamento do negócio, definindo quando, quanto, e o que cada produto deve manter para manter um estoque seguro, evitando desperdícios e custos elevados.

4.1 Problemas que podem ser tratados com a implantação da gestão de estoque

A gestão de negócios exige que o proprietário ou gestor preste atenção a uma variedade de áreas para manter um horário de trabalho produtivo. O estoque é um dos setores mais importantes para os comércios, em que se estabelece um mecanismo de controle dos produtos que estão disponíveis para a venda ou não (SATO, 2012).

A má administração do estoque pode trazer muitos prejuízos e transtorno para as organizações, como não ter um determinado produto solicitado pelo cliente, produtos com validade vencida, produtos danificados, destruídos ou até roubados, gerando desperdícios de itens e prejuízos financeiros para a mesma (ACCIOLY, 2019).

É importante evidenciar que os profissionais responsáveis pela gestão do armazém devem ter um profundo conhecimento dos processos de compra, venda e logística. E que as falhas de informações nestes processos resultam em erros no processo de estocagem. Para evitar esses problemas, é importante acompanhar tudo o que entra e sai da loja, além de ter uma ideia clara de quanto de cada produto deve ser mantido à mão (ACCIOLY, 2019).

Para Assi (2020) a falta de capacidade dos envolvidos na gestão de estoques ainda é um grande problema para os responsáveis. Na maioria das vezes, o modo de obra é formado por profissionais que não possuem a qualificação técnica necessária, mas possuem conhecimentos teóricos sobre gestão de estoque.

No entanto, existe uma lacuna significativa entre a teoria e a prática e, como resultado, muitos erros são cometidos por elas que acabam prejudicando financeiramente as organizações. Controles falsos, falta de segurança e compra de materiais desnecessários são apenas algumas das dores de cabeça causadas por um trabalhador que não sabe o que está fazendo (ACCIOLY, 2019).

Outro fator está relacionado com a falta de investimento tecnológico é um claro indicador de má gestão empresarial, especialmente quando consideramos a presença generalizada de soluções automatizadas, como soluções de gestão de estoque orientadas por tecnologia, que são encontradas em quase todas as organizações atuais (BARBOSA, 2015).

Ao deixar de usar a tecnologia para gerenciar o controle de estoque e as vendas, uma empresa corre o risco de se tornar obsoleta e ser ultrapassada pelos concorrentes em seu campo. Todos os erros relacionados com a má administração do estoque podem ser resolvidos com a utilização de uma solução de gestão (ACCIOLY, 2019).

Quando uma empresa administra mal sua reputação, um dos erros mais comuns é a falta de comunicação entre os departamentos, o que pode causar grandes inconvenientes para os clientes e, conseqüentemente, prejudicar a imagem da empresa. É fundamental evitar erros como vender um produto e depois descobrir, somente na hora de recupera-ló, que, apesar de estar no banco de dados, não há mais unidades de processamento no armazém (BARBOSA, 2015).

A demora na entrega das mercadorias aos clientes é um dos fatores que mais impacta na credibilidade de mercado de uma empresa, gerando insatisfação, desconfiança e desejo de comprar dos concorrentes. A partir do momento em que o consumidor é informado do prazo de entrega, é como se a empresa tivesse assinado um contrato com ele. Ou seja, o cliente aguardará a entrega e, caso o produto não esteja disponível na data especificada, provavelmente não retornará à loja para efetuar a compra (ACCIOLY, 2019).

A empresa precisa cumprir o prazo de entrega prometido para seu produto final, pois se demorar muito para colocá-lo no mercado, será tarde demais. Os concorrentes podem estar à frente dela, fazendo com que ela perca sua posição e, conseqüentemente, clientes. Para uma empresa que atua, por exemplo, na construção civil ou em outro ramo de negócios, os estoques são fundamentais para garantir que as linhas de produção não sejam interrompidas e, conseqüentemente, não haja atrasos no produto final (SANTOS, 2014).

Os Produtos estacionados em um armazém podem causar uma série de problemas para uma empresa, incluindo custos de armazenamento mais altos, possibilidade de perda de valor e impacto negativo no capital de giro. Dessa forma, é interessante um planejamento, pois é importante entender o ciclo de vendas dos produtos e quanto custam os mesmos, além de criar uma lista de compras detalhada com base nesses fatores (ALMEIDA, 2022).

4.2 Fatores negativos relacionados aos custos

Cada vez mais empresas procuram reduzir custos como forma de aumentar a competitividade. Existem três fatores que afetam diretamente um negócio e podem fazê-lo crescer ou falhar, conseqüentemente, são eles: custo; espaço de armazenamento e tempo. Os custos elevados dos estoques são uns dos fatores negativos que interferem no faturamento da empresa. Pois, muitas delas não tem conhecimento sobre o valor agregado aos seu estoque (OLIVEIRA, 2020).

O custo é o primeiro fator que as empresas sofrem. Partindo dessa premissa, os projetos devem ser planejados de forma que todos esses custos sejam minimizados, ao invés de aumentar e comprometer o orçamento da empresa. Levado em consideração é fator de proteção para os matérias para estoque. Normalmente, as empresas de construção civil não possuem centro de distribuição. A dificuldade de fazer assim é que o tamanho dos almoxarifados é determinado pelo tamanho do terreno e pelo tamanho da área a ser construída. Com isso, os materiais devem ser planejados para que suas quantidades não ultrapassem o espaço disponível e não haja desperdício de material por armazenamento inadequado (VICECONTI, 2017).

Os custos de administração de estoque estão diretamente ligados aos custos de administração de estoque. "Custo de estoque, custo de pedidos e custo de estoque para divididos em três questões" (BALLOU, 2012, p. 27). Os custos de manutenção do estoque são os custos de manutenção do estoque, formando um elo entre todos os custos inerentes à logística, que cada pessoa assume e controla.

Os custos de armazenagem estão diretamente ligados a impostos e seguros, com alíquotas baseadas na quantidade de materiais e no tempo necessário para mantê-los seguros. Por outro lado, a taxa de seguro está indiretamente vinculada à armazenagem, estando ligada a quantidade de mercadorias mantidas no armazém (BIANCHI, 2017).

5. CONCLUSÃO

A gestão de estoque permite que as organizações tenham um planejamento melhor do seu estoque, assim aumentando a utilização eficiente dos meios internos da mesma, e minimizar as demandas de capital. Com a aplicação do método Just in time as empresas conseguem produzir de acordo com sua demanda, evitando assim desperdícios.

Portanto, foi possível atingir o principal objetivo do trabalho, demonstrando o quanto a aplicação do método Just in time é benéfica para o desenvolvimento das empresas, pois auxilia no planejamento e controle do estoque. O estoque é o setor de maior rentabilidade para uma empresa, tornando crucial o seu gerenciamento eficiente.

Acredita-se que o estudo foi de grande relevância e contribuiu para agregar conhecimento sobre os benefícios da gestão de estoque com aplicação do método Just in time nas empresas. E é importante que surjam novos interesses pelo tema, tanto na Universidades, como também, para os gestores que buscam sempre meios de melhores para o crescimento da empresa.

Referências

- ACCIOLY, F. **Gestão de estoques**. Editora FGV, 2019.
- AIRES, CSF; ALMEIDA, G. J.; SILVEIRA, SO. Inteligência Artificial na Gestão de Estoque. **Fateclog**, v. 1, p. 1-7, 2019.
- AMARO, Victor. Gestão de estoque: um estudo em uma micro empresa do ramo têxtil localizada no interior do Estado de São Paulo. **Anais do X SIMPROD**, 2018.
- ALCARAZ, J.L.G.; MALDONADO, A.A.; INIESTA, A.A.; ROBLES, G.C.; HERNÁNDEZ, G.A. **A systematic review/survey for JIT implementation: Mexican maquiladoras as case study**. Computers in Industry, v.65, n.4, p.761-773, 2014.
- ALMEIDA, ACRF. **Gestão de operações para produtos e serviços**. Editora Senac São Paulo, 2022.
- ASSAF NETO, A. **Estrutura e análise de balanços: um enfoque econômico financeiro: comércio e serviços, indústrias, bancos comerciais e múltiplos**. 9ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.
- ASSI, Marcos. **Controles internos e cultura organizacional: como consolidar a confiança na gestão dos negócios**. Saint Paul, 2020.
- ASRI, M.A.N.M.; NAWI, M.N.M.; NADARAJAN, S. **Key Factors of Successful JIT Integration with IBS – An Overview**. AIP Conference Proceedings, v.1761, n.1, 2016.
- BALABUCH, Pauline. **Princípios e Filosofia Lean**. 1ª edição e-book, Paraná: Atena Editora, 2017.
- BARBOSA, Rodrigo. **Controles internos e gestão de estoques: um estudo de caso em uma loja co-**

mercial. 2015.

BENVIDES, G; ANTONIOLLI, PD; ARGOUD, ARTT. A eficiência da gestão de estoques: estudo sobre a aplicação do lean manufacturing. **REVISTA DE TECNOLOGIA APLICADA**, v. 2, n. 2, 2015.

BIANCHI, Adriane Maria. **Os efeitos da implantação da gestão de estoques, com base na filosofia just-in-time, no que diz respeito ao resultado econômico de uma empresa.** Farroupilha, 2017.

BORGES, C. T.; CAMPOS, S. M.; BORGES, C. E. Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 3, n. 1, p. 236-247, 2010.

COSTA, NP. **Importância da gestão de estoque no setor industrial:** suprimento de estoques para itens de manutenção. 2016.

DANDARO, F; MARTELLO, LL. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 2, 2015.

DANTAS, DM. Planejamento e controle de estoque em uma empresa de aviamentos. **Revista Caparaó**, v. 2, n. 1, p. e22-e22, 2020.

GOULART, MS. **Impactos financeiros do controle e gestão do estoque de mercadorias em supermercados.** 2018.

KOGIK, AV. A Importância Do Gerenciamento Estratégico Do Estoque No Setor Supermecadista. **Anais da Engenharia de Produção/ISSN 2594-4657**, v. 2, n. 1, p. 1-20, 2018.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: uma abordagem integrada ao just in time.** Bookman Editora, 2015.

NOGUEIRA, A. **Gestão de Estoques para Controle da Demanda.** 2011.

OLIVEIRA, O J. **Gestão da qualidade: tópicos avançados.** Cengage Learning, 2020.

OLIVEIRA, RE; DE MELO, JAM. A Relevância Das Ferramentas De Gestão De Estoques-Um Estudo de Caso em uma Empresa do Mercado Gráfico. **NEGÓCIOS EM PROJEÇÃO**, v. 6, n. 1, p. 69-90, 2015.

QUEIROZ, G A. **Recomendações para a implantação da Manufatura Enxuta considerando os propósitos da Produção mais limpa.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015.

RABELO, MHS; PAULINO, TM. CONTROLE DE ESTOQUE: Os sistemas utilizados para manter o controle de estoque. **Revista Acadêmica Conecta FASF**, v. 3, n. 1, 2018.

ROCON, AGL; SIQUEIRA, JCV. **GESTÃO DE ESTOQUE:** Um Estudo de Caso em uma Padaria. 2018.

SANTANA, SLT. **Gestão de estoques:** um estudo de caso numa indústria alimentícia. 2014.

SANTOS, B C. Gestão de estoque. **Revista de trabalhos acadêmicos-Universo, Niterói/RJ**, v. 1, n. 9, p. 1-30, 2014.

SATO, K. **Importância do planejamento do fluxo de caixa para gestão de uma microempresa do setor de combustíveis.** 2012.

SAURIN, G; RAUPP, M; TRENTO, Francielle Carla. Gestão de estoques: Controle da matéria-prima em uma empresa produtora de aditivos para alimentos. **Revista Thêma et Scientia**, v. 4, n. 2, p. 8-21, 2014.

SILVA, Bráulio Wilker. **Gestão de estoques: planejamento, execução e controle.** BWS CONSULTORIA, 2020.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SLOMINSKI, JC. **A importância da realização da gestão de estoque em pequenas empresas (sic):** estudo de caso em pequena indústria de artefatos em acrílico de Curitiba. 2016.

VICECONTI, P. **Contabilidade de custos.** Saraiva Educação SA, 2017.

CAPÍTULO 35

OS BENEFÍCIOS DO PROGRAMA 5S NO SETOR DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

*THE BENEFITS OF THE 5S PROGRAM IN THE INDUSTRIAL
PRODUCTION SECTOR*

Francisco Carlos Chaves Ribeiro¹

¹ Engenheira de Produção, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

Resumo

O presente estudo em sua introdução evidencia as tendências que englobam os aspectos do ambiente industrial e os desafios existentes, enfatizando as soluções capazes de beneficiar esse setor com o uso do Programa 5S, concentrando uma verificação sobre os fatores e ações que contribuem para melhorar o desenvolvimento das atividades, gerar qualidade e melhorias nas etapas do processo produtivo. O trabalho tem como objetivo direcionar uma compreensão sobre a definição teórica dos sentidos que são os elementos que integram o Programa 5S, sobre o comportamento da indústria, suas dificuldades e os benefícios gerados através da utilização e eficiência desse programa, com destaque nos elementos que colaboram na condução das tarefas do cotidiano do ambiente industrial. Para criar essa proposta de pesquisa, utiliza-se de referências bibliográficas em estudos, trabalhos, pesquisas e projetos já realizados, a fim de obter informações suficientes para a elaboração das ideias e conclusões deste estudo. A fim de expor a teoria dos sentidos e as vantagens para a indústria por meio da correta introdução do programa.

Palavras-chave: Programa 5S. Sentidos. Indústria. Processo. Qualidade.

Abstract

The present study in its introduction highlights the trends that encompass aspects of the industrial environment and the existing challenges, emphasizing the solutions capable of benefiting this sector with the use of the 5S Program, focusing a verification on the factors and actions that contribute to improve the development activities, generate quality and improvements in the stages of the production process. The work aims to direct an understanding of the theoretical definition of the senses that are the elements that make up the 5S Program, on the behavior of the industry, its difficulties and the benefits generated through the use and efficiency of this program, with emphasis on the elements that collaborate in carrying out everyday tasks in the industrial environment. To create this research proposal, bibliographic references are used in studies, works, researches and projects already carried out, in order to obtain sufficient information for the elaboration of the ideas and conclusions of this study. In order to expose the theory of the senses and the advantages for the industry through the correct introduction of the program.

Keywords: 5S Program. Senses. Industry. Process. Quality.

1. INTRODUÇÃO

O setor Industrial é um ambiente que engloba diversos desafios, esse efeito pode ser observado em decorrência dos inúmeros processos que ocorrem diariamente de forma simultânea na produção. Diante dessa característica, torna-se frequente a busca por soluções inovadoras capazes de auxiliar de forma positiva nas atividades do setor de produção industrial.

O Programa 5S é um recurso que apresenta inúmeras vantagens por possuir métodos coordenados capazes de efetuar o auxílio das atividades inseridas nas determinadas esferas da produção, se portando como uma ferramenta essencial para elevar o grau de qualidade na produção.

Justifica-se que é relevante a construção de estudos a respeito da composição estrutural do Programa 5S, pois suas funções tendem a destacar-se por colaborar com o correto direcionamento da execução das tarefas, buscando alcançar uma proposta satisfatória de trabalho com a minimização de falhas, melhorando a segurança em áreas críticas e introdução de resultados satisfatórios nas linhas de produção.

Este estudo tem como finalidade efetuar uma observação teórica sobre o Programa 5S, sua definição e a participação de seus elementos para gerar benefícios no setor de produção industrial. Como ponto primordial de partida para esse estudo, o projeto busca reportar a seguinte questão: A complexidade que envolve as etapas dos processos industriais é grande, organizar e distribuir de forma correta as atividades atraindo medidas que tendem a manter a qualidade constante na produção, minimizando os problemas é um desafio diário. Diante dessa informação, verifica-se como ocorre a atuação e quais as medidas que geram benefícios com a introdução do Programa 5S para potencializar a produtividade no setor de produção industrial?

Com o intuito de esclarecer a problemática exposta acima, apresenta-se como objetivo geral compreender cada etapa que compõe a estrutura do Programa 5S e os componentes necessários para melhorar o desempenho do processo de produção Industrial. Enquanto os objetivos específicos evidenciam: descrever a definição de cada etapa relacionada ao Programa 5S; apresentar os principais aspectos e desafios do ambiente de produção Industrial; e destacar os benefícios principais com a utilização do Programa 5S no setor Industrial.

O tipo de pesquisa explorada nesse presente estudo será por meio de Revisão de Literatura, no qual serão realizadas consultas em livros, apostilas, teses, dissertações e artigos científicos, tendo o auxílio da plataforma interativa Google acadêmico para consultas no material digital. Os trabalhos utilizados devem atender o critério de terem sido publicados nos últimos trinta anos. Os descritores a serem utilizados são: Programa 5S, Industria, Qualidade.



2. DEFINIÇÃO DO PROGRAMA 5S

O ambiente de produção industrial é dotado de inúmeros processos, que estão sempre exigindo o maior grau de atenção e comprometimento, para a execução das tarefas diárias é fundamental definir o máximo de estratégias possíveis para auxiliar no direcionamento das diferentes etapas existentes nas plataformas de trabalho de uma produção industrial.

Em meio a essa observação, nota-se que as empresas buscam implementar determinadas ferramentas, afim de intensificar o grau de qualidade de seus respectivos processos e assim oferecer aos seus clientes produtos e serviços que cada vez mais atenda a satisfação dos seus clientes (COSTA *et al.*, 2005). Ao conquistar o domínio sobre os parâmetros de qualidade é provável verificar a melhor direção para elaborar, aplicar projetos, construir e ofertar itens com valores aquisitivos mais acessíveis e que atenda as regras de utilidade (LOPES, 2012).

O foco no Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) condiciona aspectos significativos para potencializar na produção um ambiente mais organizado, onde todos os setores da empresa são facilmente compreendidos, as etapas executadas de forma correta e um relacionamento estável entre todos os colaboradores, fornecedores e clientes (BASTOS; GIACOMINI, 2013). Sendo assim, se torna altamente necessária a introdução de ferramentas que possam contribuir para gerar essas melhorias no setor industrial.

A união dos sentidos tende a fortalecer critérios fundamentais para o alcance de resultados significativos, tendo como objetivo a valorização do ser humano, contribuindo com meios que possam explorar o melhor do seu desempenho, adquirindo melhorias em toda a composição do ambiente organizacional (GODOY *et al.*, 2001).

A definição do programa 5S está relacionada a junção de termos básicos, representados por cinco palavras de origem japonesa iniciadas com a letra "S", no qual são denominadas de Sentidos e classificadas de acordo com seu atributo (ANDRADE, 2002).

O programa 5S se consolidou no Japão, a partir da década de 50, no combate a sujeira e a desorganização nas entidades japonesas do pós-guerra e, configurando-se numa prática onde os pais japoneses ensinam seus filhos esses princípios, com enfoque educacional, considerando-se e estendendo-se a fase adulta, na sociedade e no meio profissional (ANDRADE, 2002, p. 44).

A expressão "Sentido de" representa o conceito que determina o ato de contemplar algo, assim como, avaliar e compreender. O termo defende ser justo em todas as tomadas de decisões e verificar o cenário exposto de acordo com sua situação específica, agindo sempre a obedecer a razão, para efetuar o julgamento e raciocínio do momento de forma correta (LOPES, 2012). Para Camargo (p. 83, 2016), termo "Sentido de" que significa: "exercitar a capacidade de apreciar, julgar e entender".

Para colaborar com a qualidade dos processos e obter um espaço altamente satisfatório, relaciona-se os 5S's para participar do desenvolvimento dessas atividades. Pois tem-se por meio desse conjunto de instrumentos, componentes com capacidade de atribuir pontos positivos nas ações de trabalho, contribuindo com fatores necessários para

adquirir um ambiente ideal, organizado, com mais segurança e preocupado com o bem-estar do ser humano (TONTINI; BEZERRA, 2007).

Cita-se o Programa 5S como uma estrutura formada por cinco elementos cada um com sua definição bem estabelecida, sendo que as funções de cada um dos "S" têm como objetivo incluir fatores que transformam todo o ambiente de trabalho, a forma como deve ser efetuada as tarefas do cotidiano, o humor dos funcionários, tendo a cooperação de todos os envolvidos nas etapas do processo (LOPES, 2012).

Para Knorek e Oliveira (2016), referencia-se que a condução do Programa 5S necessita da colaboração de todos os setores que estão inseridos na empresa, para que assim possa ser efetuada o planejamento que busca incluir melhorias nas esferas do setor de trabalho. Reforçando medidas que minimizam custos e desperdícios, melhorando o aproveitamento do tempo e da realização das tarefas, aumentando os métodos de otimização e focando na qualidade de qualquer tipo de serviço a ser realizado.

Vale ressaltar que conquistar mudanças nos indivíduos é algo muito mais difícil do que efetuar alterações nos espaços físicos para tornar o ambiente mais adequado, ao se tratar de pessoas o assunto é mais delicado, pois os envolvimentos de valores pessoais são atribuídos. E para que esse processo ocorra da melhor forma possível, é preciso a participação voluntária e comprometimento de todos os funcionários, partindo pelo setor responsável por administrar a inclusão desses novos costumes (CAMPOS *et al.*, 2005).

De acordo com De Camargo (2016, p. 83), "é importante lembrar que implantar o programa não é apenas traduzir os termos e estudar sua teoria e seus conceitos. Sua essência é mudar atitudes, pensamento e comportamento pessoal".

2.1 Classificação dos Cinco Sensos

Os cinco Sensos constituem fundamentos essenciais para proporcionar no ambiente uma organização constante. Segundo Lapa (1998), os sentidos são classificados como:

1. SEIRI: senso de utilização, arrumação, organização, seleção;
2. SEITON: senso de ordenação, sistematização, classificação;
3. SEISO: senso de limpeza, zelo;
4. SEIKETSU: senso de saúde, asseio, higiene, integridade;
5. SHITSUKE: senso autodisciplina, educação, compromisso.

Na Figura 1 é possível observar os 5S e suas funcionalidades, de forma a evidenciar as características principais de cada elemento. Sendo que a junção de todos é fundamental para a formação e condução do programa.



Figura 1 - Senso
Fonte: Camargo (2016)

O primeiro Senso definido por SEIRI regula a separação de itens de acordo com o que é necessário e desnecessário para o ambiente, permitindo conservar no espaço de trabalho somente aquilo que será utilizado, dimensionando o número ideal dos elementos que será preciso para uso (TAVARES; FERREIRA, 2004).

Sobre o ponto de vista de Campos *et al.*, (2005), o Senso de Utilização (SEIRI), determina que esteja no setor de trabalho somente aquilo que é fundamental para a condução dos processos, retirando do ambiente aqueles itens que não possuem utilidade naquele momento. Efetua-se a orientação através de ações para conduzir o correto manuseio dos itens disponíveis, para que haja bom uso de materiais, equipamentos, ferramentas e dados.

Segundo Rebello (2005, p. 169), "para a arrumação do setor devemos: classificar os itens (necessários e desnecessários), verificar a frequência de uso e dar a destinação dos itens de acordo com a frequência de uso".

Já o Senso SEITON refere-se à ordenação dos itens em seu devido lugar, de forma a respeitar as suas particularidades, organizando os objetos representando-os pela sua cor e tipo, para que sua identificação seja rápida. Distribui-se os elementos de forma sistemática por meio de dispositivos visuais para a identificação dos materiais, etiquetas de classificação dos departamentos e objetos, a fim de fornecer a transmissão de informações e atividades de forma clara e eficiente (REBELLO, 2005).

O Senso SEITON determina que cada item tenha o seu correto lugar, seguindo uma ordem que facilite a execução dos processos. Deve-se organizar alguns itens a fim de auxiliar na implantação desse Senso, que podem ser o uso de mapa de riscos, quadros de gestão, etiquetas, alocação e setor de armazenamento de documentos e materiais (COSTA; SOUZA 2017).

Tem-se no Senso SEISO os valores de preservação do ambiente, englobar toda a empresa para intensificar o ato de não sujar, excluindo possibilidades de gerar sujeira no ambiente. Esse Senso se estende aos cuidados com os dados e informações, com o manuseio correto desses itens, mantendo-os atualizados e disponíveis para momentos de planejamento, relatórios e decisões (LOPES, 2012).

Esse Senso conduz medidas eficazes para manter o ambiente saudável e limpo, melhorando as condições onde serão efetuadas as tarefas e locais de mais uso pessoal. O cuidado deve ser destinado a todos os setores da empresa, assim como os equipamentos, banheiros, armários, paredes e demais locais de uso (KNOREK; OLIVEIRA, 2016).

O quarto Senso constitui de artifícios para manter estável a saúde de todos os envolvidos nas atividades de trabalho de uma empresa, refere-se à criação de fatores benéficos ao bem-estar. A atuação positiva desse Senso depende do correto funcionamento dos demais, pois eles que irão proporcionar um ambiente saudável, leve seguro, livre de contaminação e riscos direcionados a saúde (MARTINS *et al.*, 2017).

Impor condições relacionadas ao Senso SEIKETSU atrai grande importância para o ambiente de trabalho, pois busca incluir condições a favor da saúde mental e física dos funcionários, estabelecendo um ambiente com o mínimo possível de problemas, livre de agressões ao espaço e de poluentes. É preciso manter os espaços comuns (banheiros, cozinha, restaurante, lavatórios e etc.) com o máximo de higiene sanitária para que possa ter a higiene pessoal garantida (LOPES, 2012).

E por último o Senso de SHITSUKE, que destina esforços a caminhar para expandir o costume de focar e ter cautela para verificar as ações de trabalhos a serem cumpridas, assim como, atender as regras, manuseio prudente dos procedimentos, seguir as especificações de forma correta. Esses costumes devem ser adotados diariamente no ambiente de trabalho, sendo um treinamento que resulta em mudanças positivas para o indivíduo pessoal como também para todo o coletivo (MATTOS; ELIAS, 2019).

O Senso de Autodisciplina concentra potencializar os valores disciplinares, ter como principal função a responsabilidade de efetuar um bom trabalho, com o máximo de cuidado e proteção a vida. Esse Senso conduz as ações de cumprimento rígido com os padrões técnicos, morais e éticos que estão relacionados à organização do ambiente de trabalho (REBELLO, 2005).

Verifica-se que todos os sentidos são partes fundamentais para uma boa condução de trabalho, a união desses fatores e entendimento da sequência dos seus parâmetros específicos para direcionar uma correta aplicação, ocasiona em benefícios constantes para o ambiente industrial.

No capítulo seguinte, serão explorados os aspectos e desafios existentes no ambiente industrial, apresentando alguns fatores e dificuldades expostas pela rotina de trabalho.

3. ASPECTOS DO AMBIENTE INDUSTRIAL

As constantes alterações relacionadas aos índices econômicos e a crescente competição entre as empresas, causa a necessidade de observar e rever conceitos relacionados a indústria, a fim de efetuar transformações significativas e obter de maiores e melhores resultados.



O setor de produção industrial é um ambiente altamente complexo onde pode-se encontrar processos altamente arriscados e perigos, alguns fatores como riscos à saúde, baixa eficiência, desmotivação pessoal e estresse, desperdícios, problemas com higiene afetam a estrutura organizacional de muitas indústrias (DA MOTTA REIS *et al.*, 2021).

Os desperdícios concentram aspectos negativos dentro do ambiente industrial, gerando produção de excessos indesejáveis e acumulando problemas no ambiente de trabalho. Desperdícios de superprodução, de espera em tempo disponível, de espera em si, de estoque disponível, de transporte e de produtos defeituosos são alguns exemplos relacionados (JUNIOR, 2018).

Fatores relacionados a motivação dos funcionários também são considerados como aspectos importantes na condução dos processos de uma empresa. Godoy *et al* (2001, p. 06) enfatiza-se que “os funcionários se referem a oportunidades que lhes são oferecidas e que permitem suas manifestações, a fim de desenvolver suas potencialidades e com isso avançar em termos de carreira profissional”.

A realização de tarefas complexas deve-se ter como principal requisito observação e cautela. Ainda se leva em consideração que o simples fato de realizar uma atividade não indica produtividade, é necessário vincular valor a elas. Devido a esse fator, a disposição de itens para auxiliar nos inúmeros desafios do ambiente de trabalho e aumentar a eficiência torna-se fundamental (ANDRADE, 2002).

Um estudo efetuado em uma indústria encontrou dificuldades a respeito da falta do uso de instrumentos de gestão em determinadas áreas onde ocorre a produção, parte dos funcionários apresentavam resistência e medo diante da utilização de programas de incentivo a mudanças comportamentais (JAHARA; SENNA, 2016). Esse estudo ainda revela que, por ser uma empresa de longa trajetória, algumas dificuldades encontradas naquele ambiente de trabalho estavam interligadas a falta de corretas instruções em determinados setores, falta de cuidado no manejo de equipamentos, falta de manutenção periódica e até mesmo a falta de iniciativas organizacionais, chegando a acarretar também, falta de ânimo nos funcionários para executar determinadas tarefas.

Outro estudo revela aspectos relacionados a falta de organização em uma empresa, envolvendo gastos desnecessários com ferramentas e matérias sem utilidade, falta de medidas para garantir eficiência energética no setor, equipamentos em péssimo estado de preservação, entre outros (MARTINS *et al.*, 2017).

Com o avanço da tecnologia e de novas técnicas voltadas a indústria, alguns desafios correspondentes aos aspectos industriais são facilmente encontrados, criando problemas constantes nos resultados. Entre esses itens é relevante destacar as dificuldades em questões de saúde e o surgimento de fadiga por meio da introdução das novas funções de trabalho e os presentes riscos de acidentes (DUARTE, 2002).

Devido ao setor produtivo apresentar aspectos intensos em seus processos, algumas ferramentas se tornam importantes. Sendo assim, um dos fatores mais relevantes para ser alcançado é o da qualidade. Lopes (2012) cita-se que a preocupação das empresas em utilizar novos instrumentos de apoio está no crescimento da concorrência, como também, em atender aos critérios rigorosos impostos pelos clientes no momento da escolha dos

produtos.

A qualidade é aspecto essencial que toda indústria deseja alcançar, obter qualidade desperta inúmeras vantagens e excelentes resultados. Sendo assim, considera-se importante frisar a Gestão de Qualidade Total (GQT), um método em que obedece a algumas medidas a fim de obter componentes a oferecer e para alcançar essa condição satisfatória é preciso atingir melhorias em todo o processo (CAMPOS *et al.*, 2005).

O termo controle de qualidade teve seu surgimento no mesmo período da Revolução Industrial, devido à necessidade das empresas compor estratégias inovadoras capazes de conduzir a rotina da mão de obra e obtenção dos valores de qualidade (KNOREK; OLIVEIRA, 2016).

A Gestão da Qualidade Total (GQT) baseia-se sobre o aspecto de obter o controle. Knorek e Oliveira (2016) referem-se ao controle como uma proposta que tem o intuito de fornecer resultados de acordo com o que foi estipulado no planejamento.

Qualidade total ou gerenciamento da qualidade total (Total Quality Management – TQM) é um conceito de controle que proporciona às pessoas, mais do que aos gerentes e dirigentes, a responsabilidade pelo alcance de padrões de qualidade. O tema central da qualidade total é bastante simples: a obrigação de alcançar qualidade está nas pessoas que a produzem. Em outros termos, os funcionários e não os gerentes são os responsáveis pelo alcance de elevados padrões de qualidade. (CHIAVENATO, 2011, p.603).

A qualidade influencia de forma direta no resultado final dos produtos que serão ofertados aos clientes, é de grande importância efetuar todos os processos com a máxima qualidade, para oferecer os serviços com padrão de excelência (COSTA; SOUZA, 2017).

Os princípios básicos da qualidade total determinam as exigências para que uma indústria possa efetuar os processos de forma eficaz. De acordo com Bastos e Giacomini (2013), esses itens são ordenados de forma semelhante da seguinte maneira:

- Produzir bens e serviços que satisfaça o cliente atendendo a sua expectativa;
- Conquistar uma frequente proporção de lucro por meio do controle de qualidade;
- Identificar todas as hipóteses que geram problemas e buscar soluções eficazes;
- Dialogar, raciocinar e tomar decisões com base de dados e fatos relevantes;
- Ter uma gestão profunda ao longo de todos os processos, dispensando o foco principal nos resultados;
- O cliente é Rei. Eliminar possibilidades de servi-lo com produtos defeituosos;
- A prevenção deve ser o foco principal a todo instante.

Nota-se que esses princípios são estabelecidos a fim de potencializar os aspectos de qualidade da indústria, sendo um suporte para construção de fatores que elevem os resultados.

Uma empresa industrial que apresenta critérios eficientes em sua gestão pode adquirir destaque entre as demais, pois consegue conduzir bem a qualidade, utilizar a melhor forma o tempo, minimizar custos, entre outros. Essas conseguem controlar bem as etapas necessárias para o sucesso (JUNIOR, 2018).

4. BENEFÍCIOS DOS 5S NA INDÚSTRIA

A metodologia relacionada ao Programa 5S deve ser implantada de acordo com as necessidades do setor, para alcançar os benefícios desejados a introdução dos 5S deve seguir a ordem de classificação, sendo que cada uma delas é fundamental para todo o processo (MOURA; LICHTENBERG, 2021).

O Programa 5 S's é visto como uma ferramenta que oferece embasamento por ser um programa integrado, onde seus 5S agem interligados, proporcionando resultados surpreendentes em todos os aspectos da vida das pessoas e do ambiente organizacional. Seu objetivo maior é a valorização do ser humano pelos benefícios que agregam ao ambiente organizacional como todo (GODOY *et al.*, 2001, p. 01-02).

Segundo Bastos e Giacomini (2013, p. 09), "um Programa 5S pode causar grandes transformações na empresa e alcançar resultados muito além do que se poderia supor de um programa assim tão aparentemente despretensioso".

Por ser um programa básico, com etapas simples a serem praticadas, o 5S tem a capacidade de atingir todas as extremidades de uma empresa, considerando as mais variadas dimensões, adquirindo resultados em alta escala, chegando a ultrapassar as barreiras da empresa, ao incluir benefícios no padrão de vida pessoal social dos funcionários (COUTINHO; DE AQUINO, 2016).

Para que esse potencial seja conquistado, o Programa 5S deve ser orientado por meio de uma liderança que tenha domínio profundo sobre os requisitos do programa, como também tenha como característica a busca incansável por transformações que possam gerar melhorias (GODOY *et al.*, 2001).

Ainda em referência sobre liderança, o autor Godoy *et al.* (2001, p. 02), cita que "sua função é demonstrar os benefícios proporcionados tanto para a organização quanto para as pessoas, de modo que estas vivam por uma perspectiva criativa, detendo com isso, inclusive, maior domínio pessoal, a partir da competência e novas habilidades".

A correta utilização da ferramenta pode atrair muitos benefícios, sendo que o programa deve envolver todos os ambientes e cargos de uma organização para extrair o máximo da sua eficiência. E assim, a implantação pode causar pontos positivos como minimizar os riscos de acidente, melhorias na produtividade e na qualidade dos produtos, despertar

nos funcionários a vontade de cuidar dos espaços da empresa, fazendo-os agir com prevenção e cautela para criar um ambiente agradável (NASCIMENTO, 2014).

Utiliza-se a metodologia do Programa 5S em variados tipos de ambientes industriais, sendo uma ferramenta de qualidade para impulsionar melhorias como, focar na eficiência da produção, diminuir os índices de perdas e aumentar os fatores produtivos, além de estabelecer abertura para a implementação de outros métodos de qualidade (NEVES; LEONI, 2019).

O Programa 5S é considerado um componente valioso, que dispensa contestações sobre suas qualidades, ao longo do processo de introdução das suas medidas geram alguns benefícios que podem ser adquiridos durante o processo de aplicação desse conceito (CASTANHEIRA; PIZO, 2006).

Destaca-se alguns pontos importantes e necessários para que ocorra o correto funcionamento do Programa 5S e que estão classificados de acordo com a sua relevância, entre eles estão a participação e apoio do nível mais alto administrativo, funcionários mais conscientes, boa conservação dos fundamentos básicos, frequentes treinamentos, a aquisição de benefícios gerados pelo programa, atividades desenvolvidas em equipe e habilitar instrumentos para a construção do programa (TONTINI; BEZERRA, 2007).

De acordo com Carvalho (2006), tem-se o destaque de alguns benefícios gerados através da utilização dessa ferramenta, que são citados na Tabela 1.

| | Benefícios |
|---------------------|---|
| Programa 5 S | <ul style="list-style-type: none"> • Redução do espaço e do estoque; • Melhoria do transporte interno e da execução do trabalho no tempo programado; • Redução dos componentes em duplicidade e perdas na armazenagem; • Aumento da produtividade e do retorno de capital; • Redução do tempo de procura para o efetivamente necessário; • Melhoria nos processos de venda do produto ou serviço da empresa, pois houve valorização da imagem interna e externa da empresa; • Aumenta a satisfação e motivação do pessoal, ocorrendo menos riscos à saúde e obtendo melhorias nos processos e na empresa; • Redução de perdas provenientes do não surgimento de rotinas; • Redução da necessidade de controle de operações com o atendimento dos requisitos de qualidade dos produtos. |

Tabela 1: Benefícios do Programa 5S
Fonte: Carvalho (2006)

Um estudo efetuado por De Oliveira *et al.* (2007), em determinado ambiente industrial, classificou alguns benefícios adquiridos com o programa e de acordo com a opinião dos funcionários. Ao serem questionados sobre as melhorias extraídas dos 5S's, o maior percentual de funcionários (71%), declarou que o uso do Programa atraiu diversos benefícios para o cotidiano da empresa. Abordou-se também dentre esses funcionários o aspecto de maior relevância, sendo primeiramente citado a limpeza e organização, e em seguida o relacionamento no ambiente.

Vale ressaltar também outros itens citados pelos funcionários como benefícios gerados na empresa com a utilização dos sensores. Como, minimização de desperdícios, limpeza

e organização, qualidade de vida, responsabilidade, participação, segurança, disciplina, planejamento, mudanças positivas no relacionamento com a empresa, funcionários e família (DE OLIVEIRA *et al.*, 2007).

De acordo com Castanheira e Pizo (2006), cita-se que ocorre uma parcela de vantagens com a utilização do programa, que podem ser:

- Evidencia lideranças;
- Envolve todas as organizações;
- Baseia-se na educação, treinamento e na prática efetiva do trabalho em equipe, lavando a empresa e ganhos substanciais de qualidade e produtividade;
- Melhora a moral de seus colaboradores (CASTANHEIRA; PIZO, 2006, p. 15).

Outro estudo direcionado aos efeitos positivos gerados com a utilização do Programa 5S aponta uma sequência de benefícios. Que primeiramente envolve progressos significativos nos setores de atividades da empresa, ampliando os padrões de conforto, satisfação, saúde e segurança, para que o uso de todos os dispositivos seja melhor forma possível (ANDRADE, 2002).

O segundo aspecto refere-se a mudança na condução de desenvolver o trabalho, fazendo com que essa transformação se torne um hábito, intensificando o trabalho em equipe, a união na verificação e discursão de tarefas, junção entre ambientes e planejamento das funções equivalentes ao cotidiano (ANDRADE, 2002).

No terceiro ponto, enfatiza-se as tomadas de decisões diante dos possíveis problemas, incluindo focar em ações para se aproximar ao máximo das exigências dos clientes, focando em treinamentos para intensificar tais situações específicas (ANDRADE, 2002).

São citados também alguns parâmetros relacionados ao Programa 5S, que baseiam se em padrões ligados a operação, eficiência no trabalho, facilidade de manutenção, segurança no trabalho, dia-a-dia e a disciplina em praticar o programa (LOPES, 2012).

Entre os parâmetros do programa a serem alcançados, relaciona-se os seguintes itens de forma semelhante, considerando que cada um está vinculado a uma função dentro do setor de trabalho, entre eles estão (ANDRADE, 2002):

- Segurança:
- Eficiência:
- Qualidade
- Solução de problemas e avarias;
- Promoção e estímulo a motivação;

- Redução de custos;
- Melhoria da imagem da empresa;
- Maior qualidade de vida no trabalho para as pessoas;
- Base cultural e educacional para melhorias;
- Mobilização; e
- Higiene no processo e garantia de qualidade do produto.

Conforme Coutinho e De Aquino (2015), a utilização, seguida da frequente e correta manutenção dos sensores, em determinada empresa estudada, gerou benefícios visíveis, tanto para a produtividade quanto nas vendas, além de incluir mais qualidade de vida para os funcionários dentro e fora da empresa. Para esses autores, benefícios como índice de favorabilidade, diminuição das taxas de acidentes na operação, melhoria no conhecimento dos processos operacionais, melhor condução do fluxo dos documentos e transparência no transporte de informações, reaproveitamento de materiais, melhorias na qualidade final dos produtos, inserção social, ergonomia, melhorias com as condições de higiene e padronização, auditorias e questões relacionadas a responsabilidade ambiental.

Pode-se com a correta construção dos sensores intensificar as etapas de produção no ambiente industrial, conquistando um ambiente mais saudável para o desenvolvimento de todas as etapas do processo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho teve-se a elaboração de um estudo sobre os conceitos que determinam as definições dos elementos que compõem o Programa 5S, com uma observação direcionada ao ambiente de trabalho industrial, a fim de demonstrar as melhorias, facilidade e qualidade na condução das etapas do processo. Apresenta-se a teoria relacionada à definição do programa e os fatores positivos com o correto uso de todos os sensores.

A participação do programa 5S no setor de produção industrial tem total relevância por meio dos fatores e funções destinadas a colaborar com a qualidade dos processos, com métodos que visam eliminar os problemas rotineiros. O programa determina orientações capazes de focar nas principais dificuldades e apresentar soluções com mais agilidade para o desempenho das atividades.

O programa 5S gera grandes benefícios por concentrar uma proposta significativa para melhorar a organização do ambiente, classificação dos materiais, limpeza, saúde e autodisciplina dos funcionários. Sendo uma peça fundamental para incorporar um conceito de conscientização e métodos que ressaltam a expectativa de transformar o ambiente em termos de excelência no trabalho.

O estudo comprova que é possível melhorar as etapas do processo e fortalecer a qualidade do trabalho industrial com a utilização do programa, por intensificar critérios para despertar mudanças nas pessoas, gerar condições positivas de trabalho e que praticar a compreensão desses valores facilita no desenvolvimento de diversas atividades individuais e coletivas.

Com os questionamentos apresentados neste estudo, pretende-se que o mesmo possa servir de base para a realização de outros estudos, para que se tenha uma colaboração considerável na implementação de projetos que tem como tópico principal esse tema.

As observações teóricas efetuadas para o desenvolvimento do trabalho foram fundamentais para alcançar mais uma etapa da minha graduação no curso de Engenharia de Produção, como também, pode proporcionar o aumento do meu conhecimento profissional, tendo em cada passo efetuado neste estudo grande relevância e grande empenho para a construção desse trabalho.

Referências

- ANDRADE, Paulo Hyder da Silva. **O impacto do programa 5s na implantação e manutenção de sistemas da qualidade**. 2002.
- BASTOS, Bruna; GIACOMINI, Bruno Avelar. **Gestão de qualidade**. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2013.
- CAMARGO, Wellington. **Controle de qualidade total**. 2016.
- CAMPOS, Renato *et al.* **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total**. Simpep-Simpósio de Engenharia de Produção, v. 12, p. 685-692, 2005.
- CARVALHO, Pedro Carlos. **O Programa 5S e a Qualidade Total**, Campinas: Alínea, 4^o edição, 2006.
- CASTANHEIRA, Victor Hugo; PIZO, Carlos Antônio. **ANÁLISE E APLICAÇÃO DO PROGRAMA 5S EM UMA INDÚSTRIA METAL-MECÂNICA**. Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, v. 2, n. 1, 2006.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: Elsevier, 2011.
- COSTA, Rafael Brasil Ferro *et al.* **Implantação do programa 5S em uma empresa de grande porte: importância e dificuldades**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 25, 2005.
- 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**. Anais do IX SIMPROD, 2017.
- COUTINHO, Fagner Melo José; DE AQUINO, Joás Tomaz. Os 5S como diferencial competitivo para o sistema de gestão da qualidade: estudo de caso de uma empresa de aços longos. **Gestão. Org**, v. 13, n. 2, p. 176-186, 2015.
- DA MOTTA REIS, José Salvador *et al.* **Os benefícios do 5S em uma microempresa de confecção têxtil**. 2021.
- DE OLIVEIRA, Kely Cristina Gomes *et al.* Percepção dos funcionários de uma indústria do ramo de limpeza sobre programa 5S. **Nucleus**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2007.
- DUARTE, Francisco. **Complementaridade entre ergonomia e engenharia em projetos industriais**. Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo. Rio de Janeiro: Lucerna, 2002.
- GODOY, Leoni Pentiado *et al.* **Gestão da qualidade total e as contribuições do programa 5S's**. XXI ENEGEP. 2001.

JAHARA, Rafael; SENNA, Pedro. Implantação do programa 5s em uma indústria metalúrgica: Um estudo de caso. **Journal of Lean Systems**, v. 1, n. 3, p. 18-29, 2016.

JUNIOR, Umberto Ollitta. **OS DESAFIOS DA IMPLANTAÇÃO DO 5S E PADRONIZAÇÃO PARA A BUSCA DOS PRINCÍPIOS LEAN EM UMA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS**. Tese de Doutorado. Universidade Paulista. 2018.

LAPA, Reginaldo Pedreira. **Programa 5S**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

LOPES, Hérica Vanessa Amancio. **APLICAÇÃO DO METODO 5S PARA O GANHO DE PRODUTIVIDADE INDUSTRIAL**. 2012.

KNOREK, Reinaldo; OLIVEIRA, Jean Pierre. Gestão do agronegócio: implantação do sistema de qualidade total utilizando o programa 5S na indústria ervateira. **Revista de Administração Geral**, v. 1, n. 1, p. 89-109, 2016.

MARTINS, Gleison Hidalgo *et al.* Projeto 14: um estudo de caso sobre a implementação do programa 5s no setor de manutenção. **Conhecimento Interativo**, v. 10, n. 1, p. 84-101, 2017.

MATTOS, Eduardo Silveira; ELIAS, Fernando da Silva. **A utilização do programa 5S nas ferramentas de implementação do sistema de qualidade**. 2019.

MOURA, Cassiano Rodrigues; LICHTENBERG, Elvis. **METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA 5S: ESTUDO DE CASO NA INDUSTRIA**. In: v. 3, n. 3: III Simpósio Nacional de Engenharia de Produção. 2021.

NASCIMENTO, Arley de Paula. **Análise quantitativa dos benefícios do programa 5S na produtividade**: um estudo de caso em uma célula de solda. 2014.

NEVES, Gabriel Rodrigues Servino; LEONI, Juliene Navas. Aplicação dos 5s em uma indústria metal mecânica do interior de São Paulo. **Revista Engenharia em Ação** UniToledo, 4.2. 2019.

REBELLO, Maria Alice de França Rangel. Implantação do Programa 5S para a conquista de um ambiente de qualidade na biblioteca do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 3, n. 2, p. 165-182, 2005.

TAVARES, Daniela Graciane; FERREIRA, JDO; KROM, Valdevino. **Programa da Qualidade 5 S**. IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. Vale do Paraíba, s/n, p. 830-836, 2004.

TONTINI, Gérson; BEZERRA, Josefa Neta Pires. Estudo sobre os fatores de sucesso na implantação de programas 5S em empresas catarinenses. **Revista de Negócios** 7.2, 2007.

CAPÍTULO 36

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA

PLANNING AND CONTROL OF PRODUCTION IN THE INDUSTRY

Elklin Carvalho Araújo¹

¹ Engenheira de Produção, Faculdade Pitágoras do Maranhão, São Luís - MA

Resumo

Este artigo busca demonstrar uma abordagem prática, eficaz e eficiente que dá suporte para as empresas que querem se manter ativas no mercado competitivo. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho foi identificar a importância do planejamento e controle nos processos de produção na era atual de uma empresa/indústria. 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 de produção. Conclui-se que a principal finalidade do PCP é comandar os processos produtivos com o máximo de aproveitamento de seus recursos planejando, programando e controlando a produção de forma que satisfaça aos consumidores através dos produtos, bem como aos acionistas através dos lucros.

Palavras-chave: Sistema de Produção, Planejamento e Controle da Produção, Processo Produtivo.

Abstract

This article seeks to demonstrate a practical, effective and efficient approach that supports companies that want to remain active in the competitive market. In this sense, the main objective of this work was to identify the importance of planning and control in production processes in the current era of a company/industry. The methodology applied is a bibliographic review, using as a qualitative and descriptive method, the search was carried out through electronic search engines, scientific journals, monographs and theses involving the discussed theme about production engineering. It is concluded that the main purpose of the PCP is to command the production processes with the maximum use of their resources by planning, programming and controlling production in a way that satisfies consumers through products, as well as shareholders through profits.

Keywords: Production System, Production Planning and Control, Production Process.



1. INTRODUÇÃO

Com os avanços industriais, surge a necessidade de planejar e controlar as atividades produtivas de uma organização. Então tendo em vista um cenário competitivo, as empresas que cumprem com suas metas e objetivos, estão à frente de organizações que não conseguem atingir seus resultados, bem como estão à frente de empresas que não mantêm essas duas palavras (planejamento e controle) como o princípio de sua base administrativa.

Por sua importância e por estar ligado a todos os objetivos e metas de uma empresa, o PCP é fundamental em qualquer empresa industrial, tendo em vista que essa área trabalha para que todos os setores da cadeia organizacional permaneçam conectados e trabalhando mutuamente em um mesmo propósito. Por esse motivo este artigo tem relevância em demonstrar uma abordagem prática, eficaz e eficiente que dá suporte para as empresas que querem se manter ativas no mercado competitivo.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá demonstrar a função do Planejamento e Controle da Produção (PCP), que planeja e organiza a produção e as operações da empresa, e as controla integralmente para melhorar a eficiência e eficácia por meio da gestão da produção, aperfeiçoando seus níveis de serviços, aumentando competitividade e lucratividade com eficiência, assim, satisfazendo cada vez mais seus clientes.

Nesse contexto, o planejamento e controle da produção são ferramentas importantes para uma gestão consistente e eficiente da produção. Se uma empresa deseja atingir seus objetivos e usar os recursos de forma racional, ela deve planejar e controlar a produção de forma adequada. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: Qual o cenário das empresas industriais quanto a ferramenta de planejamento e controle nos processos de produção?

No objetivo geral do presente Estudo foi identificar a importância do planejamento e controle nos processos de produção na era atual de uma empresa/indústria. Além disso, os objetivos específicos foram conceituar planejamento e controle de produção (PCP); apresentar as fases do sistema no planejamento e controle de produção e descrever as vantagens do planejamento de controle de produção nas empresas/ indústrias.

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 de Produção, 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. CARACTERÍSTICAS DO PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO (PCP)

Os últimos 50 anos foram um período de mudanças gigantescas na gestão e organização dos sistemas de produção de empresas industriais em todo o mundo. Em todo o processo de modernização produtiva, a imagem do consumidor sempre foi a principal preocupação, pois é a busca da satisfação do consumidor que impulsiona a empresa a se atualizar com novas tecnologias de produção cada vez mais eficazes, eficientes e produtivas (COMUNELLO, 2014).

O mundo precisa de uma produção contínua, intensiva e ininterrupta de bens e serviços para abastecer mercados que estão em constante demanda cada vez mais complexos e sofisticados. Essa sociedade moderna é formada por inúmeras organizações, essas empresas são criadas para a produção, que é o objetivo principal de qualquer organização. No entanto, a finalidade da produção de processos e da criação do sistema PCP é organizar a empresa e a forma como ela produz bens ou serviços (MOREIRA, 2008).

Portanto, uma empresa que visa atender e satisfazer os clientes deve ter um PCP suficientemente eficaz e um sistema de alta produtividade para alcançar bons resultados e fazer pleno uso de matérias-primas, recursos da máquina, tempo e habilidades dos técnicos pessoas.

O sistema de produção constitui o núcleo de toda atividade empresarial e, a própria finalidade da existência de cada negócio. Em sua origem, cada empresa nasceu para produzir algo, seja um produto ou um serviço e, assim, obter o retorno do seu trabalho, garantir sua sobrevivência e criar condições para o seu sucesso e crescimento sustentável. Cada negócio visa à produção de alguma coisa, e é por meio dela que se desdobram os objetivos de uma empresa (CHIAVENATO, 2004).

O termo produção pode assumir diversos significados, dentre eles o de gerar, elaborar e realizar, ou ainda pode significar a obra de um autor, as etapas da realização de uma produção cinematográfica, entre outros. O que estes significados têm em comum é a capacidade de nos remeter a transformação de algo em uma obra distinta. Nomeio industrial a palavra produção não é diferente, ela remete, principalmente, a transformação de entradas, em produtos úteis, alocando recursos de um sistema produtivo (SOUZA, 2009). Ou seja, é o conjunto das atividades que proporcionam a transformação de insumos em produtos ou serviços, o que requer recursos e competências para tal transformação e gerar bons resultados (CHIAVENATO, 2004).

Durante o século XX, deu-se origem aos sistemas de produção, onde, define-se por sistema de produção o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (no caso das indústrias) e serviços, a classificação dos sistemas de produção, principalmente em função do fluxo do produto, reveste-se na grande variedade de técnicas de planejamento e gestão da produção.

De acordo com Fernandes e Filho (2010), um sistema de produção é um conjunto de elementos (humanos, físicos e procedimentos gerais) que estão interligados e projetados para gerar produtos finais, cujo valor final supere o valor dos custos para produzi-lo. Ou seja, é tudo aquilo que transforma entrada em saída com valor inerente. Os sistemas de

produção estão inseridos em um ambiente, no entanto, influenciam ao mesmo tempo em que são influenciados por este, pois são sistemas abertos (SOUZA, 2009).

Ou ainda, sistema de produção o é um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços a partir do uso de recursos (*inputs*) para mudar o estado ou condição de algo para produzir saídas/resultados (*outputs*) (PAULA, 2008).

Os sistemas de produção nas organizações eram vistos como um custo necessário. Na década de setenta, a entrada das indústrias asiáticas no mercado americano motivou o interesse estratégico, principalmente na manufatura. A qualidade, flexibilidade, a prestação de serviços e a entrega passaram a fazer parte das decisões nos sistemas de produção, no sentido de contribuir para a competitividade da organização (SLACK et al., 2009).

As empresas são definidas como um sistema que transforma, através de processos, entradas (insumos) em saídas (produtos), esse sistema é chamado de sistema produtivo. Portanto, para que esse sistema transforme insumos em produtos, é necessário estabelecer planos, prazos, com aplicação de ações para que após estes prazos, os eventos planejados se tornem realidade (TUBINO, 2009).

Distinguem-se no sistema de produção alguns elementos constituintes fundamentais, como os insumos, o processo de criação ou conversão, os produtos ou serviços e o subsistema de controle, conforme ilustrado na Figura 1 (MOREIRA, 2011). Cada tipo de processo de manufatura implica uma forma diferente de organizar as atividades das operações com diferentes características de volume e variedade (SLACK et al., 2009).

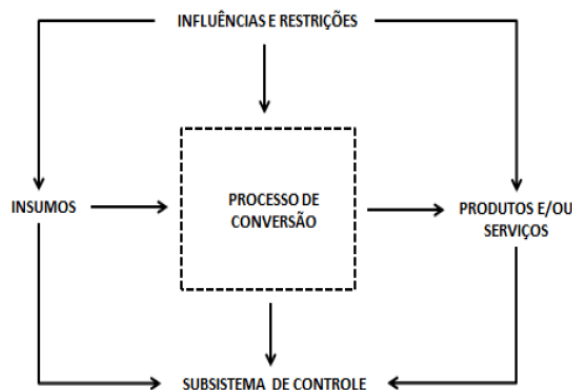


Figura 1: Elementos do Sistema de Produção
Fonte: Adaptado Moreira (2011)

De acordo com a Figura 1, os insumos são os recursos a serem transformados diretamente em produtos; o processo de conversão muda o formato das matérias primas ou muda a composição e a forma dos recursos, em serviços não há transformação, ele simplesmente é criado, e o sistema de controle é a designação genérica do conjunto de atividades visando assegurar que as programações sejam cumpridas, padrões obedecidos, recursos sejam utilizados de forma eficaz e seja obtida a qualidade final, no entanto, o sistema de controle promove a monitoração dos elementos do sistema de produção (MOREIRA, 2011).

O objetivo dos sistemas de produção é de organizar a forma com que as empresas geram bens físicos e serviços analisando a melhor utilização dos recursos necessários e

disponíveis, abrangendo diversas áreas de produção, não apenas indústrias. Os bens e serviços são gerados pela transformação dos recursos pelas atividades produtivas em processo na empresa, conforme ilustrado na Figura 2 (JUNIOR et al., 2012).

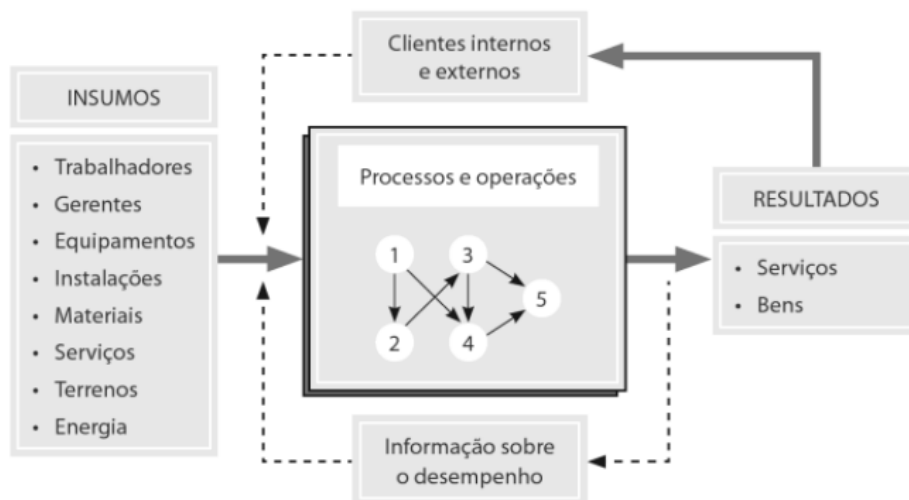


Figura 2: Modelo do Sistema de Produção
Fonte: Adaptado Muniz Junior (2012)

Um modelo de sistema de produção só existe por um motivo: atender ao mercado. Para isso, a empresa precisa entender o que faz com que o mercado compre o seu produto ao invés do concorrente. A premissa inicial para construir um modelo de produção deve ser a de gerar resultado econômico-financeiro.

Numa organização empresarial, muitas vezes não somos capazes de perceber o seu funcionamento e quantos sistemas são utilizados, para que tudo transcorra como planejado. O que se sabe, é que existem vários setores que são responsáveis por planejar antecipadamente e controlar adequadamente para que tudo saia da melhor maneira possível. Um destes setores é o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP), que é responsável por administrar informações que chegam até ele vindas de diversas áreas, com o propósito de aumentar a eficiência e eficácia.

Faz-se necessário primeiramente compreender o significado destas três palavras que juntas formam um dos setores importantes das organizações, sejam elas de pequeno, médio e grande porte. Planejar ou planejamento pode-se dizer que é o ato de projetar, planificar e elaborar, seguindo roteiros e métodos definidos anteriormente. Controle pode ser definido como um ato de fiscalização, verificação ou até mesmo de supervisão sobre atividades desenvolvidas. E por fim Produção é o ato de produzir, criar, gerar, elaborar ou realizar (BUENO, 2007).

Compreendido estas palavras separadamente, segue agora a compreensão das mesmas num conjunto, portanto Planejamento e Controle de Produção pode ser entendido como “um sistema que determina os rumos da produção e o acompanha, exercendo os respectivos controles” (ERDMANN, 2000, p.30).

Para Chiavenato (2004, p.24) o planejamento e controle da produção planeja e controla as atividades produtivas da empresa. Se a empresa é produtora de bens ou mercadorias, o PCP planeja e controla a produção desses bens ou mercadorias, cuidando das matérias-primas necessárias, da quantidade de mão-de-obra, das máquinas e equipa-

mentos e do estoque de produtos acabados disponíveis no tempo e no espaço para a área de vendas efetuar as entregas aos clientes.

Portanto o PCP pode ser definido como um conjunto de funções, ou seja, atividade que fazem planos comandam e coordenam o processo produtivo. São atividades que antecedem e criam condições para a produção, além de que suas ações geram reflexos em praticamente toda a organização.

Segundo Rodrigues e Inácio (2010) o PCP é o suporte na relação entre *inputs* (entradas) e os *outputs* (saídas) na organização, está envolvido diretamente com o sistema produtivo e as áreas correlatas a ele, sendo responsável por planejar e controlar o exercício produtivo de uma organização.

Côrrea, Giansesi e Caon (2010) afirmam que planejar é compreender a relação entre a situação atual de uma empresa e a visão de futuro que ela busca, ou seja, tomar decisões estratégicas no presente que possibilitem a organização a atingir seus objetivos.

No ponto de vista de Tubino (2009) a empresa deve primeiro compreender e destacar quais os objetivos e metas precisam ser atingidas, e através disso estruturar um planejamento que direcione os recursos humanos e físicos para atingi-los, acompanhando todas as ações e tornando possível efetuar alterações ou correções caso haja desvios no percurso.

O planejamento e controle de produção (PCP) é considerado uma ferramenta importante para se obter eficiência e eficácia no processo produtivo, tende em vista que o PCP é responsável por controlar um conjunto de informações que são obtidas através de quatro perguntas simples: o que, como, quando e quanto fabricar (RUSSOMANO, 2000).

Russomano (2000) ainda afirma que o planejamento e controle de produção possuem 3 níveis hierárquicos, e estes contribuem para o funcionamento da organização, evitando o déficit nas medidas de desempenho, tomadas de decisões equivocadas e evitando também a demora para assumir novas posturas produtivas.

Oliveira (2014, p. 23) destaca que os três níveis hierárquicos são:

Nível Estratégico: é o nível em que o PCP define um planejamento e políticas estratégicas a longo prazo para a empresa, caracterizado como Planejamento Estratégico de Produção

Nível Tático: é caracterizado pelo planejamento de planos a médio prazo e onde é desenvolvido o Plano Mestre de Produção.

Nível Operacional: caracterizado pelos programas de produção de curto prazo, é momento que o PCP trabalha com a Produção Programada e executa o Acompanhamento e Controle dos processos.

Então para uma melhor compreensão é necessário que as organizações entendam a diferença entre os três níveis hierárquicos do PCP, que são também caracterizados como: Planejamento Estratégico de Produção, Planejamento Mestre de Produção e o Acompanhamento e Controle da Produção.

O setor de PCP é responsável por aumentar a eficácia e a eficiência do processo produtivo, portanto ele desempenha uma dupla finalidade. Por um lado, ele estabelece com antecedência o que a empresa deverá produzir, quais serão as matérias-primas, máquinas, equipamentos e pessoas necessárias para que se tenha condições de realizar a tarefa conforme foi planejado. Por outro lado, ele deve monitorar e controlar o desempenho da produção, a fim de corrigir erros e eventuais desvios que possam atrasar o processo produtivo.

Para Chiavenato (2004) dentro de um processo produtivo o PCP atua antes planejando e programando materiais, máquinas, pessoas e estoque. Durante e depois controlando o funcionamento do processo produtivo para mantê-lo de acordo com o que foi planejado. Realizando estas etapas o PCP assegura a obtenção da máxima eficiência e eficácia do processo produtivo da empresa.

Erdmann (2000) afirma que o setor de PCP trabalha com a missão de responder algumas perguntas-chave, tais como:

- O que produzir – Que está diretamente ligado ao custo de produção da peça, ou a uma determinação da administração, da área estratégica ou até mesmo do *marketing*.
- Como produzir – Aqui o setor de PCP precisa ter a descrição do processo de produção do produto, para que saiba a sequência de etapas necessárias, bem como as matérias-primas a ser utilizadas e quais máquinas serão necessárias.
- Quando produzir – Para saber o quando produzir, deve-se levar em conta a capacidade da organização, (quantidade de máquinas, seu pessoal e sua capacidade financeira), e também o quando o mercado (consumidor) está disposto a comprar.

Para que o PCP consiga responder essas questões, o mesmo mantém relações diretas e indiretas com praticamente todos os setores da organização, recebendo informações de diversas áreas e utilizando-as para que seu planejamento saia o mais correto possível (CHIAVENATO, 2004).

O PCP desenvolve suas atividades quase que totalmente baseando-se em previsões, pois permitem que os administradores antevejam o futuro e possam planejar suas ações. O modelo de previsão de demanda que ressaltar, normalmente é de responsabilidade do setor de Marketing ou de Vendas, mas o setor de PCP deve ter conhecimento sobre esta atividade. Ele precisa saber como foram obtidos os dados, em que bases técnicas de previsões estão assentadas, e quais são suas limitações (CHIAVENATO, 2004).

2.1 Sistema no planejamento e controle de produção

A implantação do PCP em uma empresa visa garantir que o processo produtivo seja realizado de forma eficiente, segura e planejada para que os pedidos estejam prontos para atender os clientes da melhor forma possível.



O planejamento estratégico visa maximizar os resultados do negócio e minimizar os riscos na tomada de decisões corporativas. O impacto de suas decisões é de longo prazo e afeta a natureza e o caráter da empresa para garantir o cumprimento de sua missão. Para o planejamento estratégico, a empresa deve compreender as limitações de seus pontos fortes e capacidades em relação ao ambiente, a fim de criar vantagem competitiva na concorrência, aproveitando todas as situações lucrativas (TUBINO, 2007).

O planejamento estratégico visa maximizar os resultados do negócio e minimizar os riscos na tomada de decisões corporativas. O impacto de suas decisões é de longo prazo e afeta a natureza e o caráter da empresa para garantir o cumprimento de sua missão. Para o planejamento estratégico, a empresa deve compreender as limitações de seus pontos fortes e capacidades em relação ao ambiente, a fim de criar vantagem competitiva na concorrência, aproveitando todas as situações lucrativas (BARBOSA, 2003).

Barros e Tubino (2008) fala que cada unidade de negócios terá uma estratégia de negócios, também conhecida como estratégia competitiva, que define como seu negócio compete no mercado, seu desempenho esperado e as estratégias que deve executar na área de operações para manter essa posição. O terceiro nível é a estratégia funcional. A este nível, estarão ligadas às políticas operacionais das várias áreas funcionais da empresa, integrando estratégias corporativas e competitivas

O Planejamento e Controle da Produção atua nesses três níveis decisórios (estratégico, tático e operacional) como unidade de apoio à produção. No nível estratégico, colabora com o desenvolvimento de planos de produção integrados aos planos financeiro e de marketing. No nível tático, decompõe o plano de produção, detalhando os bens e serviços que serão executados. No nível operacional, planeja e monitora cada implementação desse plano diretor (TUBINO, 2007).

A coleta de dados deve começar com as informações disponíveis. Muitas vezes, os dados quantitativos sobre a produção da atividade (processo) e os recursos disponíveis (estrutura) estão mais prontamente disponíveis no nível local e até mesmo na gestão de projetos (TANAKA, OSWALDO; MELO, 2001).

Os métodos quantitativos são frequentemente usados para inicialmente aproximar, descrever e explicar parcialmente o que está sendo avaliado. Isso se deve à disponibilidade de dados em programas e serviços e à familiaridade com números da maioria dos técnicos. Se forem necessárias melhorias no significado e na interpretação dos fenômenos, métodos qualitativos devem ser usados. Isso é importante para evitar a coleta de dados característicos conhecidos para serem utilizados para avaliação (TANAKA, OSWALDO; MELO, 2001).

Para a coleta de dados podem ser utilizados formulários de validação, que segundo Barbosa, E. Fernandes, 1993 são formulários utilizados para padronizar e validar resultados de trabalhos ou validar e coletar dados. As listas de verificação usadas para coletar e organizar dados também são conhecidas como folhas de dados. Na resolução de problemas, as ações tomadas devem ser baseadas em dados para que o problema seja claramente definido. Para isso, os seguintes itens devem ser incluídos no checklist (BARBOSA; 2003):

- O objetivo da verificação (por que - *Why*)
- Os itens a serem verificados (o que - *What*)

Uma empresa é geralmente estudada como um sistema que transforma insumos (inputs) em outputs (produtos) úteis aos clientes através do processamento. Esse sistema é chamado de sistema de produção (TUBINO, 2007).

Segundo Vollman et al. (2006), um sistema de produção é uma entidade que organiza um conjunto de recursos técnicos, econômicos, humanos, materiais e financeiros em materiais, equipamentos, instalações, processos e procedimentos, com o objetivo de transformar recursos, obtenção direta ou indireta Por meio de seus fornecedores, produz produtos que atendem às necessidades de seus consumidores, agregando valor por meio de pessoas, outros recursos naturais, bens e serviços, atendendo às necessidades sociais, econômicas e financeiras dos consumidores em diversos graus e natureza . A gama de agentes envolvidos.

Os sistemas de produção são classificados de diversas maneiras, conforme a Tabela 1 com o intuito de facilitar a compreensão de suas características e a relação entre as atividades produtivas (LUSTOSA et al., 2008).

| TIPO DE CLASSIFICAÇÃO | CARACTERÍSTICAS |
|-----------------------------------|--|
| Grau de padronização dos produtos | <ul style="list-style-type: none"> • Produtos padronizados • Produtos sob medida ou personalizados |
| Tipo de operação | <ul style="list-style-type: none"> • Processos contínuos (larga escala) • Processos discretos • Repetitivos em massa (larga escala) • Repetitivos em lote (flow shop, linha de produção) • Por encomenda (job shop, layout funcional) • Por projeto (unitária, layout posicional fixo) |
| Ambiente de produção | <ul style="list-style-type: none"> • Make-to-stock (MTS) • Assemble-to-order (ATO) • Make-to-order (MTO) • Engineer-to-order (ETO) |
| Fluxo dos processos | <ul style="list-style-type: none"> • Processos em linha • Processos em lote • Processos por projetos |
| Natureza dos produtos | <ul style="list-style-type: none"> • Bens • Serviços |

Tabela 1: Classificações dos Sistemas de Produção
 Fonte: Lustosa et al. (2009)

Um produto consiste em vários componentes físicos que executam funções específicas em conjunto com recursos específicos. A arquitetura do produto descreve como esses componentes são organizados e como eles interagem (funcionalmente) (CAUCHICK, 2010). A função da estrutura do produto é estabelecer os principais conjuntos, subconjuntos e componentes que permitem que o produto cumpra suas funções essenciais e secundárias. e fornecer a outros departamentos informações sobre:

- a quantidade produzida ou comprada;
- a lógica do processo de obtenção do produto (fabricação e montagem);

- Matérias-primas e componentes padronizados utilizados (por exemplo, rolamentos, parafusos, retentores).

Segundo Lustosa et al. at., (2009) à importância e utilização da categorização processo por processo, alguns comentários sobre esse tipo específico de categorização são os seguintes:

- a) Processos da Linha de Produção: Possuem uma sequência de operações bem definida. Os processos têm prioridades e ações subsequentes, que seguem uma ordem linear. Essas operações devem ser processadas de forma que não atrase outras operações, e podem ser divididas em dois tipos de produção: produção em lote e produção contínua (LUSTOSA et al., 2009).
- b) Processos em lote: Os sistemas de produção em lote são caracterizados pela criação de uma grande variedade de produtos (não padronizados); fluxo intermitente; produção em lote ou lote; alta flexibilidade; dificuldades de controle devido à confusão de processos, impactando negativamente o planejamento de estoque e qualidade; Uma combinação de equipamentos semelhantes e habilidades de trabalho semelhantes; e baixa produção (LUSTOSA et al., 2009).
- c) Processos de projeto: são caracterizados por um único produto, como um edifício ou um navio (LUSTOSA et al., 2009).

Produtos padronizados são bens ou serviços altamente uniformes e produzidos em massa. Seu sistema de produção pode ser organizado para padronizar recursos e métodos de trabalho. Por outro lado, um produto personalizado é um bem ou serviço desenvolvido para um cliente específico. Nesse caso, o sistema possui grande capacidade ociosa, sendo difícil padronizar métodos e recursos de trabalho, resultando em produtos mais caros que produtos padronizados (LUSTOSA et al., 2009).

As atividades de PCP são realizadas em três níveis de planejamento e controle das atividades produtivas do sistema produtivo. No nível estratégico, é determinada a política estratégica de longo prazo da empresa, e o PCP participa da formulação do plano estratégico de produção e formula o plano de produção. No nível tático de desenvolvimento do plano de produção de médio prazo, o PCP desenvolve o plano mestre de produção, que é o plano mestre de produção (PMP).

No nível operacional, são elaborados e monitorados os planos de produção de curto prazo, além de realizar o monitoramento e controle da produção, os PCPs preparam a programação da produção, gerenciam o estoque, a sequência, a emissão, e emitem ordens de compra, fabricação e montagem (BARROS; TUBINO; 2008).

O PCP (Planejamento e Controle de Produção) é um processo para auxiliar o gerenciamento da produção de uma indústria. Com ele a empresa consegue: planejar quando produzir, quanto produzir, onde produzir, em que ordem produzir e verificar se tudo está funcionando de acordo com o plano.

No processo de previsão de demanda para fins de planejamento de produção e estoque, são utilizados dados de vendas anteriores (histórico de vendas). Vale ressaltar que

fatores como a falta de produtos ou condições promocionais especiais no ponto de venda fazem com que o valor de venda seja significativamente diferente da demanda normal (LUSTOSA et al., 2008).

Segundo Vollman et al., (2006), as necessidades dos clientes são necessidades independentes. Quando (se) um cliente decide comprar nosso produto, essa decisão não tem nada a ver com as ações da empresa. Há também uma classificação de requisitos separada. Pode ser estacionário quando se observa alguma variação aleatória nas vendas, mas há um certo nível de demanda ao longo do tempo. A demanda de tendência, por outro lado, apresenta um aumento (ou diminuição) sistemático.

Para implementar um processo de previsão de demanda, uma empresa precisa de um modelo de previsão de demanda, além de bancos de dados e recursos computacionais. Geralmente, esses modelos podem ser divididos em modelos qualitativos e quantitativos. O primeiro grupo são as técnicas baseadas em consenso. Por outro lado, os métodos quantitativos caracterizam-se pelo uso de técnicas estatísticas para obtenção de previsões (VOLLMAN et al., 2006).

O método de previsão mais simples que vem à mente é repetir o último valor da série histórica, ou seja, prever que a demanda para o próximo período será igual ao valor do período anterior. Esse processo, embora simples, tende a produzir estimativas altamente variáveis, pois incorpora nas previsões todas as mudanças na demanda (LUSTOSA et al., 2008).

2.2 As vantagens do planejamento de controle de produção nas empresas/indústrias

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2016) definem o planejamento como a preparação com base nas expectativas do que deve acontecer em um momento futuro, o que pode ou não acontecer conforme o esperado. Pode haver obstáculos no processo, como máquinas quebradas, funcionários doentes, atrasos nos fornecedores e necessidade de replanejamento. Assuma o controle das operações de ajuste para atingir metas dentro do cronograma, ou seja, reparar máquinas, contratar trabalhadores terceirizados, encontrar novos fornecedores para entrega mais rápida.

A finalidade de um plano pode ser definida como o desenvolvimento de processos, técnicas e atitudes gerenciais que proporcionem uma situação viável para avaliar o impacto futuro das decisões atuais sobre os objetivos do negócio, facilitando assim a tomada de decisões futuras de forma mais rápida (OLIVEIRA, 2015, p. 5)

O planejamento da capacidade é o estudo da capacidade máxima que pode ser produzida em um determinado período. Neste estudo, foram feitos cálculos para determinar quantos funcionários produziriam um determinado produto e quantas horas seriam necessárias para produzir esse produto. Se houver necessidade de aumentar a produção, outra opção é aumentar o número de funcionários ou fazer horas extras (MOREIRA, 2016).



O plano diretor considera a produção e a demanda, tornando esses dois fatores inter-relacionados e inter-relacionados. Dessa forma, é possível estimar a demanda que pode sofrer alterações por diversos motivos, como momentos econômicos, mudanças erráticas e sazonalidade. Empresas com diferentes linhas de produtos não viabilizam a utilização de tal sistema de planejamento, pois é difícil comparar produção e demanda de cada produto, evitando a atribuição de agregados. O planejamento mestre situa-se entre o planejamento de capacidade e o planejamento mestre, preenchendo a lacuna em buscar o máximo de produção sem alterar o prazo médio (MOREIRA, 2016).

O PCP dentro da indústria tem a responsabilidade os controles e monitoramentos dos seguintes requisitos:

- determinar a quantidade a ser produzida;
- gestão de inventário;
- liberação de ordens de produção;
- programação, processamento e acompanhamento de pedidos;
- planejamento para futuras necessidades de capacidade;
- planejar os materiais a serem adquiridos;
- planejar níveis de estoque adequados;
- organizar as atividades de produção;
- capacidade de compreensão da situação atual;
- ser capaz de responder de forma eficaz;
- capacidade de garantir prazos;

Oliveira (2015) afirma que PCPs mal executados podem custar várias partes de uma organização, levando a desperdícios, atrasos nos prazos de entrega, defeitos nos sistemas de produção e redução da lucratividade.

Ainda segundo Oliveira (2015), o PCP é muito importante porque o campo coordena todo o trabalho para produzir conforme o planejado, tratando de todos os assuntos relacionados ao sistema de produção, que são:

- Ordem de Fabricação
- Nível de produtividade
- Maquinários

- Matéria Prima
- Funcionários
- Desempenho
- Prazo de entrega
- Entrega do pedido

Bressan (2017) afirma que um PCP eficaz pode trazer diversas vantagens para o sistema produtivo de uma organização, além de melhorias na tomada de decisão, resultados consistentes, compatibilidade entre vendas e produção, padronização e integração dos sistemas produtivos e suporte para redução de custos.

Portanto, o PCP é o responsável pela eficiência e eficácia da organização em um mercado competitivo, portanto, o propósito deste campo não é claro, pois atua na produção para ganhar eficiência e cooperar para que a produção atinja seus objetivos (CHIAVENATO, 2011).

As organizações devem investir em profissionais qualificados para atuar nos diversos departamentos da empresa, pois profissionais não qualificados podem causar grandes prejuízos as empresas.

Devecchi (2019) afirma que, para o PCP, é fundamental contar com um profissional qualificado e com olhar crítico analisando os dados obtidos, pois ele será o responsável por avaliar quais atitudes e atividades podem representar alto risco para a empresa.

Devecchi (2019) descreve oito ferramentas que todo planejador deve ter em seu sistema de PCP para atingir os objetivos da empresa, que são:

- MPS ou Planejamento de Produção: Esta ferramenta é necessária para realizar o planejamento de pedidos de fabricação e definir datas para atendimento de pedidos ou reposição de estoque (DEVECCHI, 2019)
- MRP ou *Backward Planning*: Esta ferramenta calcula a necessidade de adquirir ou produzir materiais para atender a demanda de produtos acabados no prazo (DEVECCHI, 2019).
- Rota de Produção: O planejador pode definir a rota somente após conhecer as etapas de montagem do produto, nesta etapa é necessário conhecer os detalhes de cada etapa, bem como o tempo de configuração e o tempo padrão para concluir a produção (DEVECCHI, 2019).
- Cálculo da Capacidade de Produção: Nesta etapa, o planejador calcula as horas disponíveis e necessárias para a produção da ordem de fabricação (DEVECCHI, 2019).

- Planejar Ordem de Fabricação: O planejador nesta fase determina a quantidade a ser fabricada e realoca os recursos necessários para atender a demanda (DEVECCHI, 2019)
- Requisição de Material: O planejador deve ter total controle sobre o estoque para que o material possa ser adquirido ou retirado para atender a demanda (DEVECCHI, 2019).
- Vinculação entre diferentes ordens de PA: Considerando que um componente pode ter muitas ordens de fabricação, isso é necessário para facilitar a produção posterior (DEVECCHI, 2019).
- Visão dos recursos necessários: os planejadores podem escolher o número de funcionários, máquinas e materiais necessários.

Essas ferramentas automatizadas são utilizadas para economizar tempo do planejador e evitar processos completamente manuais para que ele possa acompanhar as etapas que o sistema de produção percorre.

Por meio de um sistema de produção eficiente, a PCP planeja e programa a produção, evitando o aumento desnecessário dos níveis de estoque. Por meio do controle, os materiais necessários chegam à linha de montagem de forma correta e precisa, eliminando assim a oportunidade de desperdício (BOCK et al., 2015).

- Redução do tempo de produção: através do planejamento, minimiza-se o tempo gasto em atividades não planejadas, assim, o tempo ganho é utilizado para produção e tomada de decisões (BOCK et al., 2015).
- Redução das filas de uso das máquinas: Ao planejar o uso de cada máquina, o desempenho é determinado eliminando os tempos de espera e tornando a capacidade produtiva eficiente (BOCK et al., 2015).
- Cumprimento dos prazos de entrega: quando os prazos de entrega são cumpridos, pode-se garantir grande parte da satisfação do cliente, resultando no aumento do número de clientes e, conseqüentemente, da produção (BOCK et al., 2015).
- Redução do tempo de setup da máquina: reduz o tempo de ajuste da máquina, podendo ser utilizada para outras necessidades (BOCK et al., 2015).
- Custos reduzidos: Através da produção programada, os custos a ela associados são reduzidos, e os custos de mão de obra são reduzidos, o que contribui para o aumento dos lucros da empresa.

Planejamento e controle envolvem atividades que buscam coordenar a demanda do mercado e a capacidade de entregar os recursos de produção em tempo hábil (SLACK et al., 2016).

Bock et al. (2015) explica que quando diferentes áreas de uma indústria operam de

forma independente - sem interconexão - surgem muitos gargalos, obstáculos e problemas. Isso acontece, por exemplo, quando um vendedor tenta vender um produto, mas não sabe se tem estoque ou quantidade suficiente solicitada pelo cliente - isso é chamado de esgotado.

No entanto, os colaboradores de todas as áreas de negócio devem cumprir o PCP, centralizar as informações, trazer conexões fluida e permitir que todos trabalhem juntos. Devido a essa vantagem, as metas de receita, eficiência e custo podem ser mais facilmente alcançadas e até dimensionadas (BARROS; TUBINO, 2008).

Lustosa et al., (2008) falam que é preciso monitorar todas as ordens de produção em uma indústria não é fácil, bem estruturado e o controle amplo sobre todas as áreas é essencial. O PCP permite que os gerentes monitorem de perto as atividades de produção, quando ocorrem e como estão vinculadas.

Barbosa (2003) afirma que devido ao controle mais amplo e preciso sobre os processos produtivos, os gestores terão dados reais, transparentes e relevantes sobre o negócio. Com isso, eles poderão tomar melhores decisões para melhorar a eficiência dos negócios.

Oliveira (2015) fala que um departamento pode passar por diversas paradas ao longo do dia, e os administradores identificassem se o impedimento era devido a problemas técnicos com equipamentos, funcionários ociosos ou atrasos na troca de informações com outras áreas. Com as informações em mãos, você pode fazer as alterações necessárias para corrigir o problema.

Os custos podem ser economizados quando os gerentes começam a controlar melhor seus recursos, manter o estoque mais enxuto, minimizar a quantidade de insumos necessários para a produção e reduzir o desperdício. Além disso, a maior integração entre os departamentos os torna mais eficientes, otimizando as atividades dos colaboradores e aumentando o valor de sua hora de trabalho.

O PCP conecta todos os colaboradores de diferentes áreas em um mesmo plano operacional, o que significa que todos os envolvidos trabalham juntos para atingir as mesmas metas e objetivos, sincronizar, ter uma compreensão clara de como funciona o processo produtivo e entender os papéis de todos os envolvidos

3. CONCLUSÃO

A metodologia adotada para o levantamento das informações bem como para identificar a importância do planejamento e controle de produção na indústria se mostraram eficientes e cumpriram os objetivos traçados. E a partir dessa revisão bibliográfica realizada no desenvolvimento do presente trabalho foi possível obter um breve panorama sobre o planejamento e controle de produção.

O objetivo principal do PCP é comandar os processos produtivos com o máximo de aproveitamento de seus recursos planejando, programando e controlando a produção de



forma que satisfaça aos consumidores através dos produtos, bem como aos acionistas através dos lucros.

Foi possível entender que um dos fatores mais importantes dentro deste trabalho foi mostrar como a ferramenta do PCP trabalha de forma direta ou indiretamente na empresa, quão necessário se faz a comunicação clara e concisa do mesmo com as demais áreas da empresa para que se possa atentar dentro das maneiras possíveis as melhores práticas entre ambas as partes

Portanto, frente ao exposto, o setor de PCP tem como influência na gestão da empresa a sua habilidade de averiguação quanto à determinação dos níveis de capacidade, o seu controle de estoque para que os materiais não sejam comprados em demasia e nem que se tenha a falta do mesmo, bem como sua forma de planejar e controlar os recursos para que se possa obter a melhor maneira de uso obtendo assim a plena eficiência e eficácia do setor.

Conclui-se que essa ferramenta permite controlar todo o fluxo do processo de produção da empresa. Isso significa que os dados estarão sempre à mão e poderão ser consultados sempre que necessário. Além disso, facilita a identificação de problemas e falhas.

Referências

- BARBOSA, E. Fernandes. **Gerência da Qualidade Total na Educação**. Fundação Christiano Ottoni. UFMG, Belo Horizonte, 2003.
- BARROS, J. R.F. e TUBINO, D.F.; **O Planejamento e Controle da Produção nas Pequenas Empresas – Uma Metodologia de Implantação**. 2008 Disponível em www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART262.pdf. Acesso em 29 de abril de 2022
- BRESSAN, Amanda. **As vantagens do PCP para seu sistema produtivo**. Otimização de Processos: EJEP, 4 jul. 2017. Disponível em: <http://ejep.com.br/2017/07/04/beneficios-do-pcp/>. Acesso em: 29 de abril de 2022
- BOCK, F. C.; FERRARI, A. G.; NARA, E. O. B.; KIPPER, L. M. **Planejamento e controle da produção (PCP) como disseminador da filosofia lean nos processos organizacionais**. 2015. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/> > Acesso em 29 de abril de 2022.
- BUENO, Francisco da Silveira. **Minidicionário da língua portuguesa**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2007.
- CAUCHICK, P. **Projeto do Produto e do Processo**. Acessado em 13/09/2010. Disponível em http://www.pro.poli.usp.br/graduacao/todas-as-disciplinas/projeto-do-produto-processo/oferecimento_00002/PRO%202715_A18_Arquitetura-Processos_Parte1.pdf (Acesso em 29 de abril de 2022).
- CHIAVENATO, Idalberto. **Iniciação ao planejamento e controle da produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 2011. 117p.
- CHIAVENATO, I. **Administração da Produção: uma abordagem introdutória**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- COMUNELLO, A. C. **Planejamento e Controle da Produção: um estudo de caso de uma indústria do Oeste do Paraná**. 2014. 87 p. Monografia (Engenharia de Produção) - UTFPR, Medianeira, 2014.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.G. N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

- ERDMANN, Rolf Hermann. **Administração da produção: planejamento, programação e controle.** Florianópolis: Papa Livro, 2000. 201p.
- FERNANDES, Larry; FILHO, L J. **Administração de produção e operações.** São Paulo: Pearson, 2010.
- JUNIOR, E.T. et al. **Sistemas de Planejamento e Controle da Produção para o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da Produção.** Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 2008.
- MOREIRA, Antonio Freitas. **Gestão de operações.** In. BATALHA, Mário Otávio (Org). **Introdução à engenharia de produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. p.37-52.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 2016
- OLIVEIRA, R. A. M. **A importância do Planejamento e Controle de Produção em uma organização.** 2014. 37 p. Artigo Acadêmico (Graduação em Administração) - FACECAP, São Paulo, 2015
- PAULA, J. R. Tony. **Administração de materiais – uma introdução.** São Paulo: Atlas, 1999.
- RODRIGUES, M. D.; INÁCIO, R. O. **Planejamento e Controle da Produção: Um estudo de caso em uma empresa metalúrgica.** 2010. Artigo Acadêmico (Gestão da Produção) - INGEPRO, São Paulo, 2010. p. 9.
- RUSSOMANO, V. H.. **Planejamento e controle da produção.** 6.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção.** 2.ed. **Rev. e Ampl.** São Paulo: Atlas, 2008.
- SOUZA, Jader. **Gestão empresarial: administrando empresas vencedoras.** São Paulo: Saraiva, 2009
- TANAKA, OSWALDO Y.; MELO, Cristina. **Avaliação de Programas de Saúde do Adolescente- um modo de fazer.** São Paulo: Edusp, 2001.
- TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática.** São Paulo: Atlas, 2009. 190p.
- TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção. Diagnóstico: Planejamento e controle da produção nas pequenas e médias indústrias de alimentos do extremo oeste de Santa Catarina, 2. Edição.** São Paulo: Atlas. 2007
- VOLLMAN, E.T. et al. **Sistemas de Planejamento & Controle da Produção para o gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAPÍTULO 37

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO DE PRODUÇÃO

*ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE
PRODUCTION PROCESS*

Victor Thiago Aguiar Castro¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Desde muito tempo a premissa da IA foi simular o comportamento humano, e com o avanço das tecnologias esse conceito tem ganhado muita força, sendo motivo de muitos debates sobre o futuro do trabalhador humano e da máquina nos processos produtivos das organizações. Entender o impacto que esse tipo de tecnologia pode causar nas empresas é o tema principal dessa pesquisa, buscando entender a viabilidade da aplicação e como ele se adaptaria a meio laboral humano, sem corromper a força de trabalho. O objetivo é discutir sobre as opiniões de vários autores inerentes tanto ao meio tanto científico quanto tecnológico. A pesquisa será qualitativa, com a utilização de artigos, teses, livros, revistas e redes eletrônicas das principais concepções relacionadas ao tema. A pesquisa tem caráter qualitativo, sendo ainda bibliográfica e documental, pois para sua fundamentação utilizou-se investigação em artigos, teses, livros, revistas e redes eletrônicas dos principais conceitos relevantes para o tema, com base em publicações de autores recentes e antigos. O intuito da pesquisa referencial é entender qual a melhor maneira de integrar as tecnologias modernas as organizações beneficiando o trabalhador e agilizando o processo de produção.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Processo produtivo. Industria 4.0.

Abstract

Since a long time, the principle of the AI recipe has been to simulate the human, and with the advancement of many technologies this concept has been in the efforts of the force, being the reason for many about the future of the human worker and the productive processes of organizations. Understanding the impact that this type of technology can cause is the main theme of this research, seeking to understand the feasibility of the application and how it adapts to the human working environment without corrupting the workforce. The aim is valid on the opinions of various scientific as well as technological authors. The research will be qualitative, with the use of articles, theses, books, magazines and electronic networks of the main concepts related to the theme. The research has a qualitative character, being still bibliographical and documentary, because for its foundation, research is used in articles, theses, books, magazines and electronic networks of the main concepts relevant to the theme, based on publications by recent and old authors. The purpose of the research is to understand the reference way to integrate modern technologies as organizations that best benefit the worker and streamline the production process.

Keywords: Artificial Intelligence. Production process. Industry 4.0.



1. INTRODUÇÃO

A Inteligência artificial ou IA pode ser definida como uma tecnologia robótica que consegue detectar padrões de atividades e aprender através delas a tomar decisões e executar tarefas de forma autônoma, automatizando o processo produtivo. Muitos estudiosos denominam a IA como a quarta revolução industrial, definida pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas que faz parte direta da próxima onda de inovação, apontada como fator de grandes mudanças na maneira como pessoas e empresas se relacionam com a tecnologia, compartilham dados e tomam decisões.

A competitividade na era da tecnologia tem obrigado as organizações a buscarem grandes inovações, diferenciais, e processos que contribuam com fatores imprescindíveis para qualquer empresa: Redução de custos, redução de erros, e aumento da lucratividade. A IA é a tecnologia perfeita que supre a busca por essas otimizações.

A relevância dessa pesquisa visa contribuir com o entendimento sobre questões acerca da IA nas empresas e sua funcionalidade na indústria 4.0, debates abrangendo várias opiniões de como é vista a relação do homem como trabalhador manual, diante de máquinas e programas de computador que podem executar qualquer tarefa com uma eficiência muito boa ou até melhor que a deles.

Através dessa pesquisa somada a várias opiniões de autores do meio será possível entender que a IA pode ser a maior aliada para contribuir com a grande transformação digital que as empresas tanto buscam, sempre combinada com a capacidade humana, que pode impulsionar tanto o trabalhador quanto a empresa.

A inteligência artificial prova ser uma importante força tecnológica, altamente efetiva para a indústria atual, apesar de não ser uma tendência tão nova, ela vem ganhando muita mais importância nos últimos anos. Mesmo diante de uma inovação que traz diversos benefícios, o sucesso da I.A. depende de uma interação inteligente e direta entre o homem e a máquina, partindo da premissa que ambos devem trabalhar em conjunto, e um não substitui o outro. Diante do apresentado, questiona-se: Qual a importância da inteligência artificial para as organizações e o trabalhador humano?

Esta pesquisa tem como objetivo geral discutir os benefícios de uma da inteligência artificial eficiente; compreender a importância da inteligência artificial nas empresas identificar e analisar as vantagens e as desvantagens da inteligência artificial e avaliar uma demonstração eficiente da inteligência artificial para as organizações.

Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica. Foi utilizada na produção dessa pesquisa, buscas baseadas em artigos, teses, livros, revistas e redes eletrônicas das principais concepções relacionadas ao tema. O levantamento das bibliografias foi de forma sistemática nas mais diversas bases de dados eletrônicas: Google acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO), teve como principais palavras-chave da revisão bibliográfica: Inteligência Artificial; Processo produtivo e Indústria 4.0. Foram incluídos os estudos que foram lançados no ano de 2009 até 2020, portanto, a pesquisa tem caráter qualitativo por se tratar do estudo da IA, da sua evolução, e os impactos que essa tecnologia

causaria nas indústrias em geral. A pesquisa é ainda bibliográfica e documental pois para sua fundamentação utilizou-se investigação em artigos, teses, livros, revistas e portais eletrônicos dos principais conceitos e práticas voltados a entender qual a melhor maneira de integrar as tecnologias modernas as organizações, sempre beneficiando o trabalhador e agilizando o processo de produção.

2. A INTELIGENCIA ARTIFICIAL E SEUS BENEFICIOS

Segundo Norving (2004) a premissa da IA vai além do que apenas compreender o ser humano, mas sim conceber uma entidade inteligente que possa através da aprendizagem e percepção realizar qualquer tipo de tarefa intelectual, simulando um novo comportamento, e criando assim um novo ideal de inteligência, conceituado de racionalidade. O trabalho pioneiro no ramo da IA foi realizado por Warren McCulloch e Walter Pitts. Eles mostraram que qualquer função computável podia ser calculada por certa rede de neurônios conectados e que todos os conectivos, lógicos ou não, podiam ser implementados por estruturas de redes simples. McCulloch e Pitts também sugeriram que redes definidas apropriadamente seriam capazes de aprender. (RUSSEL; NORVIG, 2013).

Ao lado de Marvin Minsky, Claude Shannon e Nathaniel Rochester, pesquisadores influentes dos estados unidos no campo da lógica e da matemática, John McCarthy desenvolveu um estudo para prosseguir com a conjectura básica de que cada aspecto da aprendizagem ou qualquer outra característica da inteligência pode, em princípio, ser descrita tão precisamente a ponto de ser construída uma máquina para simulá-la. Foi a primeira vez que o termo inteligência artificial foi utilizado pois assim foi nominado o estudo. Foi realizada uma tentativa para descobrir como fazer com que as máquinas usem a linguagem, a partir de abstrações e conceitos, e por assim dizer, resolvam os tipos de problemas reservados aos seres humanos. (RUSSEL; NORVIG, 2013).

De um modo geral, programas de computadores são capazes de extrair informações estatísticas dentro de um padrão, centradas na análise dos dados obtidos partindo do princípio que qualquer dado pode ser capturado, quantificado e representado em qualquer formato. Essa abordagem é chamada de aprendizado da máquina (AM), mais conhecido no meio como (Machine Learning) que pode ser definido como a ciência capaz de fazer que os computadores desempenhem funções das quais não foram explicitamente programados para desenvolver. (LOPES, 2021) ela ainda afirma que a inteligência artificial está presente em várias aplicações nos dias atuais como em programas de reconhecimento facial, veículos não tripulados, programas de tradução, transações de bancárias, reconhecimento de voz, formulários de dados da internet, entre outras, integrados a um dispositivo físico ou puramente a um software.

Lopes (2002) contempla a opinião Taulli (2020) onde afirma que esse conceito de IA mudou a forma como é vista a interação social e econômica de uma forma sutil, na qual essa automação artificial vem ganhando força cada vez mais pois aprimora capacidades restritamente humanas. Além do AM, existe uma tecnologia ainda mais avançada que é considerada parte de um subgrupo da AM, chamada deep learning. Ele é o estudo mais avançado da IA atualmente, e se baseia em uma tecnologia de redes neurais, que simula o comportamento do cérebro humano em um nível extremamente avançado. As redes do



deep learning atuam como camadas em cadeia que, de modo esquematizado, conseguem mapear e analisar, por meio de um avançado processamento de dados informações mais específicas e complexas, conforme exemplificado na **Figura 1**.

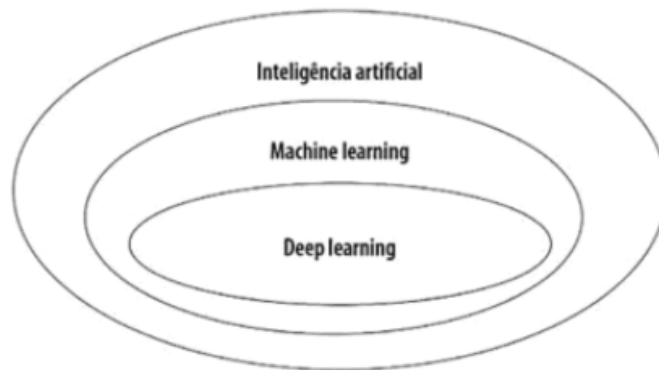


Figura 1 - Exemplo da Estrutura da IA
Fonte: Taulli (2020, p. 34)

Lopes (2021) conceitua em sua obra a complexidade do termo agente artificial, apontado por ela como um agente capaz de executar ações de forma não supervisionada, diferentemente de apenas receptores de fenômenos e atuações de humanos. Ressalta também que a atuação desses agentes sem a presença de medidores humanos abre um parêntese complexo que envolve questões sociais, filosóficas e até morais.

A opinião de Lopes (2003) segue linha oppositora a de Silva, Marques e Alkimin (2021) que veem na ia uma tecnologia promissora que deve ser observada de forma positiva para organizações pois supre diversas lacunas nos sistemas produtivos, minimizando os riscos no ambiente de trabalho, otimizando tempo e agregando eficiência aos processos, entretanto sinaliza que há necessidade de atualizar e assegurar as regras pertinentes ao trabalhador humano diante dessa tecnologia para que não seja colocada em risco a utilidade do empregado diante dessa tecnologia que promete mudar a forma de trabalho conhecida.

2.1 Big Data E Industria 4.0

Desde a início da internet existe uma torrente de dados e informações que precisam ser armazenadas e classificadas de forma segura, as dimensões do Big Data são denominadas de 5V's: Volume: satisfação e alcance aos dados; Variedade: variedade de tipos de dados; Velocidade: Tempo de acesso e criação dos dados; Veracidade: segurança na exatidão apresentada pelos dados; e Valor: Utilidade dos dados. (TAULLI;2020)

A IA se faz necessária para manipular e estudar esses bilhões de dados, e o big data tem um papel fundamental pois todos os dados coletados precisam ser desenvolvidos e armazenados, para consecutivamente gerar uma base de conhecimento para as tomadas de decisões dentro da indústria. Essas bases de conhecimento geralmente são enriquecidas com informações de outras fontes que fazem parte do Big Data. (ÁVILA; SOUZA, E GONZALEZ,2019)

A indústria ao longo dos séculos vem sofrendo significativas mudanças no que diz respeito a processos, produtos e máquinas, a Industria 4.0 é a é a mais atual das revolu-

ções industriais, desde a primeira no que diz respeito aos avanços da ciência.

Para empresas de grande porte de manufatura que necessitam de produção de grade escala é fundamental a integração dos processos de venda, aquisição, produção, de entrega dos produtos, afim de diminuir ao máximo os custos com fabricação, armazenagem e matéria-prima no intuito de diminuir o espaço físico nas organizações. Essa incorporação vem evoluindo cada vez mais graças ao armazenamento de dados referentes todo os níveis de produção, como o produto, a venda a matéria prima e etc. assim pode-se definir a Indústria 4.0 (ALMEIDA, 2019)

2.2 Internet das Coisas

A comunicação sempre foi um agente imprescindível para a operação das empresas, após a internet que posteriormente maximizou a troca de dados surgiram novas tecnologias como o M2M, máquina sobre máquina, conectando informações entre as elas através de sistemas embutidos. (LIMA, 2017)

Essa rede de objetos físicos, softwares e plataformas pode ser denominada como internet das coisas (IoT). Uma estrutura que interliga tecnologias físicas e virtuais, massificando o processamento de dados e controlando a ação através delas. Ela se divide em três tipos: o uso para o usuário final, o uso diretamente em negócios ou serviços e o uso industrial. Assim como um cérebro é uma rede conectada com diversos tipos de células cerebrais que executam variadas funções, a IoT pode ser compreendida como uma rede com uma variada quantidade de dados, unidas pela mesma conexão, porém com finalidades diferentes. Os produtos conectados possuem aplicações e utilidades variadas apesar de ligados pela mesma rede. Com essa compreensão pode-se dizer que o potencial da IoT é gigantesco, formando um ciclo de valor agregado aos produtos e serviços que dela se beneficiam. (FIRJAN, 2016)

Segundo Lima (2017) há uma problemática diante da obtenção dessas novas tecnologias, pois à medida que o número de empresas e dispositivos conectados aumentam, é necessário adotar uma nova política estratégica e tecnológica para edificar soluções de baixo custo que considerem a privacidade e autonomia das organizações.

3. COMPREENDENDO A IMPORTÂNCIA DA IA NAS EMPRESAS

A IA, é um sistema associado ao processo de tomada de decisão e que se aplicada de forma adequada contribui para um resultado preciso e específico com uma taxa de erro quase nula. Segundo John McCarthy (2002) a inteligência artificial é um estudo científico e tecnológico de construção de máquinas inteligentes, em especial programas de computador que se beneficiam da exploração da inteligência humana, e que não se limitam somente a métodos biologicamente observáveis.

Stuart Russel e Peter Noving (2013) definem a IA como o estudo de agentes que re-

cebem percepções do ambiente e executam ações. Cada agente implementa uma função que mapeia sequências de percepções em ações, e constituem essas funções, tais como os sistemas de produção, os agentes reativos, planejadores condicionais em tempo real, redes neurais e sistemas de tomada de decisão. Às opiniões de McCarthy (2002), Russel e Noving (2013) corroboram com a reflexão de Miguel Sellitto (2002) que coloca a IA como um apanhado de conhecimentos que oferece modelos de apoio à tomada de decisão e controle com base em fatos reais, aprendizados e métodos teóricos, mesmo que apoiados em falta de dados. As opiniões dos autores convergem para o entendimento de que a maneira mais funcional e conveniente da IA ser executada para fins de produção é através do estudo de tendências biológicas que favoreçam o melhor desempenho das máquinas industriais ou operações espelhando processos análogos aos humanos de forma eficiente. Entendendo melhor sobre os benefícios e a funcionalidade da IA nos processos, sua aplicação na indústria tem se tornado cada vez mais forte e inevitável.

No cenário competitivo atual, construir e gerenciar conhecimento de apoio a especialistas no controle de processos industriais pode ser útil para uma organização de fabricação, principalmente para processos que ocorram sob incertezas e com dados incompletos (SELLITTO, 2002, p.364).

Segundo Sellitto (2002) um controle manual se faz necessário e deve ser executado periodicamente, para acompanhar ações e os resultados das operações de sistemas e máquinas, essa é uma das principais premissas da indústria 4.0 que tem o propósito de adequar as organizações ao que há de mais moderno no campo da inovação tecnológica. A partir daí pode-se ter uma visão mais enxuta da atuação e o do impacto que esse tipo de tecnologia pode causar nas organizações.

Uma vez que os computadores se tornam baratos o suficiente, a vasta maioria dos trabalhos seriam executáveis por Inteligência Artificial mais facilmente que por humanos. Uma Inteligência Artificial suficientemente poderosa seria melhor que nós em matemática, engenharia, música, arte e em todas outras tarefas que considerarmos relevantes (ELIEZER YUDKOWSKY, 2006, p.11).

3.1 Vantagens e Desvantagens nas Indústrias

Yudkowsky (2006) despertou um pensamento para o que seria hoje uma desvantagem no que se diz respeito a super eficiência da IA por se tratar de uma tecnologia relativamente atual, ela ainda traz certos questionamentos éticos, sociais e morais quanto a sua aplicação e uso. Nas indústrias, a utilização de determinadas máquinas, ou processos computadorizados pode acarretar na ameaça do emprego dos trabalhadores manuais, apesar da IA não ter a habilidade cognitiva para desenvolver criatividade e lidar com certas situações, o fato dela executar tarefas com eficiência e rapidez a torna muito mais adequada nas indústrias, o que teoricamente e em alguns casos descartaria o uso de operadores.

As opiniões de Yudkowsky (2006) seguem linha opositora a de Carolina Bigonha (2018), para ela, a Inteligência Artificial veio pra transformar o mercado de trabalho e garantir a presente participação da sociedade no avanço e na estruturação dessa nova tecnologia, um trabalho que será árduo, com ênfase na educação, principalmente nos

campos da ciência, tecnologia, engenharia e matemática, utilizando das habilidades que são exclusivamente humanas, como, criatividade, resiliência, flexibilidade, entre outras, em conjunto com a máquina e com o intuito de agregar a produção. Contando com o apoio total dos governos, das empresas, e das universidades que teriam um papel fundamental nesse processo.

Para Ajay Agrawal, Joshua Gans e Avi Goldfarb (2018) a sociedade está vivendo o momento da inteligência artificial, mas esse serviço não se enquadra em todo tipo de negócio, baseado em nível, tipo e necessidade de cada empresa.

Para os autores, do ponto de vista econômico, e em alguns casos, a IA poderia ser um agente maléfico e prejudicial para as organizações, seguindo essa linha de pensamento ela não traz inteligência as empresas, mas sim a predição, que seriam os insumos para a tomada de decisões, como vetor de apoio a economia é o agente que fornece uma linha de pensamento ideal para entender as concessões mútuas subjacentes a qualquer tomada de decisão dessa natureza. Os autores fazem análises precisas a partir de suas esferas econômicas de conhecimento apontando os dilemas associados à IA no que tange ao emprego, à concentração do poder corporativo, à privacidade e à geopolítica.

Mais dados significam menos privacidade. Mais velocidade significa menos precisão. Mais autonomia significa menos controle. Não prescrevemos a melhor estratégia para seu negócio. Esse trabalho é seu. A melhor estratégia para sua empresa, carreira ou país dependerá de como você pesa cada lado do dilema (Ajay Agrawal, Joshua Gans e Avi Goldfarb 2018, p.5).

Com base na opinião dos autores a IA tem certas problemáticas que precisam ser desenvolvidas e precisam de um certo suporte econômico para se adequarem ao tipo de empresa que se convém.

Com o passar do tempo a revolução dos métodos industriais tiveram resultados assertivos na produção, através da introdução de máquinas, eletricidade e informações tecnológicas. A Indústria 4.0 é definida como um modelo de produção que contempla inovações tecnológicas com o intuito de otimizar os processos fabris, criando assim uma fábrica inteligente e otimizada. Desde a internet que até então consegue pôr em rede “coisas e serviços” aliados a fabricação e desenvolvimento de processos (STOJKIĆ 2016).

Segundo Coelho (2016), a indústria 4.0 se baseia na percepção de que as tecnologias dentro de uma empresa podem conectar máquinas e sistemas, criando assim redes de inteligentes ao longo de toda a cadeia de produção. Dessa forma, as fábricas passam a ter capacidade e autonomia suficiente para realizar manutenções, prever problemas ou até mesmo se adaptar a mudanças não planejadas.

Segundo Manuel da Silva e José Pinheiro (2010), há conflitos de resistência para a aplicação da IA, em certos setores industriais, para eles nem todas as complexidades de um sistema podem ser entendidas e processadas por um software, encaixar certa lógica que necessita de um pensamento manual seria um problema. Além de reduzir o gestor local de operações a um mero funcionário que efetua a introdução de dados.

As opiniões de Silva e Pinheiro (2010) seguem linha opositora a de Kathleen Eisenhar-

dt; (2000) onde para ele as inteligências identificadas no interior e exterior das empresas são apresentadas como uma sequência de funções, onde atividades específicas devem ser desempenhadas para que tudo funcione e tanto a máquina quanto o trabalhador têm seu papel e função primordial dentro do processo em uma linha de produção da empresa.

3.2 Interação Homem-Máquina

Conforme resultados das revoluções industriais anteriores, a integração completa da indústria 4.0 não traria benefícios ao trabalhador humano, o poder de decisão e autonomia deles seria minimizado, resultando em perda da força de trabalho, desvalorização do trabalhador, redução de garantias e direitos, e também, a centralização das forças de produção robóticas (CARUSO, 2017).

A opinião de Caruso (2007) diverge da de Gehrke (2015) na qual afirma que a integração pode ser extremamente benéfica para as empresas visto que as máquinas ainda precisariam ser operadas por um funcionário, além da manutenção e outros processos manuais necessários.

Informações, dados, dispositivos e sistemas serão os elementos básicos que o trabalhador qualificado deverá sempre operar. As tarefas que eles serão capazes de executar com esses dispositivos também aumentam em quantidade. O trabalho em equipe será central, em todos os níveis de organização e ao longo da cadeia de valor, mas também no local de trabalho real com novos tipos de sistemas assistentes. Esses sistemas tomaram as ações significativas, mas a maioria das decisões finais deverá permanecer com a mão de obra qualificada, por esse motivo, essa tecnologia apenas ajudará e não substituirá o humano. Entretanto, essa assistência será fundamental, pois os trabalhadores terão que tomar decisões e executar tarefas com um escopo bem maior do que hoje (GEHRKE, 2015).

4. DEMONSTRATIVO DE APLICAÇÃO INTELIGENTE DA IA ATRAVES DA INDUSTRIA 4.0

A IoT aplicada à indústria (IIoT) poderia melhorar a eficiência das operações, sendo necessário modificar as práticas da cadeia de valor (tecnologia atualizada de produtos, equipamentos de produção, abordagem de venda, soluções de TI, gestão da cadeia de suprimentos etc.). Objetivando gerar maiores e melhores resultados com o menor custo, aumentando a escala de produtividade e ganhos, elevando os produtos e abrindo mercados (FIRJAN, 2016).

Segundo Firjan (2016) compreendendo o panorama da internet das coisas como sujeito de uma pesquisa estratégica, a Iot pode ser dividida em comunicação, inteligência e atividades de apoio, conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Atividades de produção seguindo o fluxo de agregação de valor

| ATIVIDADE DA CADEIA | FINALIDADE |
|--|--|
| Indústria extrativa | Indústria de produtos primários, que fornece matéria-prima para a indústria de transformação (silício, cobre, latão etc.). |
| Fabricação de componentes | Agregados aos produtos tradicionais, formando os produtos inteligentes). |
| Fabricação de máquinas e equipamentos | Representada pela indústria de produtos tradicionais (geladeira, TV, cafeteria etc.). A esta, englobam-se as fases de processamento de matéria-prima até a fabricação de produtos tradicionais. |
| Fabricação da infraestrutura de tic | Constitui a fabricação de aparelhos e ferramentas que tornam a conexão possível. |
| Design/integração de produtos e serviços | Constituem as atividades de concepção e design (projeto de produtos inteligentes e serviços), ou seja, da integração dos produtos tradicionais aos componentes inteligentes até a prestação de serviços. |
| Conexão | Representa as atividades prestadoras de conectividade, isto é a conexão física, com ou sem fio, de uma rede de dispositivos com a internet. |
| Fabricação do produto físico final | É a manufatura dos produtos inteligentes (produto final). |
| Desenvolvimento do serviço | É relacionado ao desenvolvimento e prestação de serviços ligados aos produtos inteligentes. É também a fase onde os modelos de negócios diferenciados são desenvolvidos. |
| Distribuição de rede | Refere-se a prover acesso à rede para conectividade. É um dos fatores essenciais para a formação da rede. |
| Comércio | O momento da aquisição do produto inteligente é seguido pelo uso/ consumo final (momento em que o consumidor final faz uso do produto adquirido). Formam a quinta e sexta etapas da cadeia de valor. |
| Análise de dados | Análise e processamento dos dados obtidos durante toda a cadeia. |

Fonte: Sistema Firjan

Com o passar do tempo, com o maior avanço das tecnologias ligadas a internet e quanto maior se tornar o seu consumo, mais e mais produtos conectados serão fabricados. Quando a tecnologia passar a se difundir a sociedade e passar a ser um campo imprescindível para o seu funcionamento, tanto na indústria quanto comércio e na sociedade em geral, o processamento de dados ganhará um gigantesco potencial econômico, proporcionando novas ações e decisões mais assertivas pelas indústrias, pelas empresas e para o consumidor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do que foi apresentado no decorrer da pesquisa, podemos afirmar que a inteligência artificial (ou IA) é um avanço tecnológico de suma importância tanto para organizações quanto para o trabalhador, as máquinas automatizadas devem ser inseridas com a proposta de somar junto ao processo produtivo, o que de forma direta não descarta a função dos trabalhadores envolvidos no processo, pode-se entender que eles passam a ser operadores, que detém a importante função de controlar e analisar o todo processo, é claro que, para que haja um bom funcionamento entre o homem e a máquina é necessário que a mão de obra seja treinada e especializada para operar as tecnologias.

A indústria 4.0 apesar de ainda estar engatinhando industrial e academicamente falando, deve-se reconhecer um amplo campo de pesquisa ainda em construção, sendo abordado por diferentes áreas do conhecimento através de diversas perspectivas. No Brasil ainda é muito prematura, mas muitas empresas já veem adotando a internet das coisas (Iot) e tem obtido resultados positivos no negócio. Esta pesquisa limitou-se a analisar informações teóricas de diversos autores inerentes ao meio.

Apesar da escassez de livros e artigos, foi proposto uma visão geral e acadêmica do tema voltado para engenharia de produção, onde pode-se concluir que, ainda é um assunto escuso e pouco divulgado. Verifica-se também que, até então, há poucas empresas operando predominantemente com a Indústria 4.0 sob o panorama de trabalho que a tecnologia oferece. Aparentemente as pesquisas sobre o tema estão em alta e em crescimento contínuo, o que leva a acreditar na provável expansão do modelo tecnológico.

Foi identificado um modelo de atuação da Indústria 4.0 que teria potencial para provocar mudanças na natureza do trabalho industrial e caminhar em direção à construção de uma nova forma de composição do trabalho modelada pela colaboração da máquina e do homem, embora ainda muitas questões enraizadas a acerca do caráter revolucionário da IA no sentido de integrar-se ao projeto industrial, explanadas, como apresentado na pesquisa pelo medo da desvalorização do homem como profissional, da precarização das relações laborais humanas Entende-se apesar da tecnologia trazer benefícios e avanços para as indústrias, ainda é preciso adequá-la de forma regulamentada para que esse agente não seja danoso para o trabalhador.

Referências

AGRAWAL, Ajay; GANS, Joshua; GOLDFARB, Avi (Org.). **Máquinas Preditivas: A Simples Economia da Inteligência Artificial**. São Paulo: Editora Alta Books; Edição: 1ª, 2018.

ANÁLISE da Inteligência Artificial Dentro dos Periódicos da CAPES em Engenharia de Produção disponível no endereço eletrônico: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/29926370.pdf> > (Acessado em 13 de maio de 2019, às 17h56min.)

BIGONHA, Caroline. **Panorama Setorial da Internet** – Inteligencia artificial em perspectiva: São Paulo: Outubro de 2018. disponível no endereço eletrônico: < https://nic.br/media/docs/publicacoes/1/Panorama_outubro_2018_online.pdf >

CARUSO, Loris. Digital innovation and the fourth industrial revolution: epochal social changes? **AI & SOCIETY**, p. 1-14, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00146-017-0736-1>

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Gestão Industrial, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016. Disponível em: <<https://estudo-geral.sib.uc.pt/bitstream/10316/36992/1/Tese%20Pedro%20Coelho%20Rumo%20%C3%A0%20Industria%204.0.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2019. DA COSTA, Manuel da Silva; NEVES, José Pinheiro. **Tecnologias e configurações do Humano na era digital**. Portugal: Ecopy, 2010.

DE ALMEIDA, Paulo Samuel. **Indústria 4.0: Princípios básicos, aplicabilidade e implantação**. São Paulo, Saraiva, 2019.

EISENHARDT, Kathleen M; MARTIN, Jeffrey A. **Dynamic Capabilities: What are they?** Strategic Management Journal. Strat. Mgmt. (J, 21: 1105-1121), 2000.

GEHRKE, Lars et al. **A Discussion of Qualifications and Skills in the Factory of the Future: A German and American Perspective**. VDI/ASME Industry 4.0 White Paper, p. 1-28, 2015. Disponível em: <http://www.vdi.eu/fileadmin/vdi_de/redakteur/karriere_bilder/VDIASME_2015_White_Paper_final.pdf> Acesso em 19 novembro 2019.

LOPES, Giovana F. Peluso. **Inteligência Artificial: considerações sobre Personalidade, Agência e Responsabilidade Civil**. Minas Gerais, Editora Dialética 2021.

MCCARTHY, Jhon. **What is Artificial Intelligence?** Disponível em: <<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>> (Acessado em: 14 junho de 2019, às 11h13min)

MARTÍNEZ-AVILA, Daniel, DE SOUSA, Edna Alves, GONZALEZ Maria Eunice Quilici. **Informação, Conhecimento, Ação Autônoma e Big Data: Continuidade ou Revolução?** São Paulo, Unesp, 2019.

RUSSEL, Stuart, NORVING, Peter. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013

SELLITTO, Miguel Afonso. **Gestão e Produção: Inteligência Artificial: uma aplicação em uma indústria**. disponível no endereço eletrônico: <www.scielo.br/pdf/gp/v9n3/14574> > (Acessado em 13 de maio de 2019, às 19h10min.)

SILVA, Leda Maria Messias, MARQUES, Ana Paula Baptista, ALKIMIM, Maria Aparecida. **Inteligência Artificial e a Dignidade do Trabalhador no Meio Ambiente de Trabalho: Um difícil convívio?** São Paulo, LTR Editora, 2021.

SISTEMA FIRJAN. Rio de Janeiro: **Panorama da Inovação – Indústria 4.0: Internet das coisas**, n. 0, jun. 2016. disponível no endereço eletrônico: <<https://alertaaguaeenergia.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A557F574001559C03258877DC>> (Acessado em 18 de novembro de 2019, às 15h10min.)

SIQUEIRA, Idmea Semeghini; PEREIRA, Antonio Eduardo Costa. **Perspectivas de aplicação da Inteligência Artificial e a Biblioteconomia na Ciência da Informação**. São Paulo: R. Bras, 1989.

TAULLI, Tom. **Introdução à Inteligência Artificial: Uma abordagem não técnica**. São Paulo, Editora Novatec, 2019.

STOJKIĆ, z. et al. **A Concept of Information System Implementation within Industry 4.0**. Vienna, Áustria: DAAAM International, 2016. Disponível em: <http://bib.irb.hr/datoteka/830369.127.pdf>. Acesso em outubro de 2019.

YUDKOWSKY, Eliezer et al. **Singularity Institute for Artificial Intelligence**. Palo Alto, Ca: Catastrophic Risks, 2006.

CAPÍTULO 38

A IMPORTÂNCIA DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS

*THE IMPORTANCE OF APPLYING PROJECT MANAGEMENT
METHODOLOGIES IN THE IMPLEMENTATION OF PROJECTS*

Ana Luísa Almeida Sales¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Com o avanço das tecnologias, a grande demanda por produtos e serviços inovadores, a competitividade e a busca por métodos ágeis para desenvolver produtos e serviços, capacitar colaboradores, captar clientes ou quaisquer melhorias, as empresas tem optado por projetos que supram seus objetivos e façam com que a mesma avance no cenário econômico, logo torna-se imprescindível dentro de uma organização metodologias para o alcance de metas estabelecidas, fazendo com que a mesma tenha poder de competitividade frente aos seus concorrentes, obtendo melhorias internas e trazendo inovações para seus clientes quer seja em produtos ou prestação de serviços, cabe, portanto, a empresa utilizar-se de métodos em seus projetos, seja para qual for a área em que a mesma precisa de mudanças. Os projetos são de suma importância dentro de uma empresa pois geram inovação e crescimento, saber como gerenciá-los de forma didática vem por meio do uso de metodologias de gestão de projetos, que podem ser ajustadas a estrutura da empresa e aos seus ciclos de estratégias. Portanto o objetivo deste instrumento é demonstrar a importância da aplicação de metodologias de gestão de projetos de forma eficaz e eficiente, como também apontar quais as metodologias podem ser utilizadas conforme a estrutura e necessidade da empresa, fazendo também uma reflexão acerca de projetos e gerenciamento de projetos e como podem impactar positivamente internamente e externamente os resultados esperados. Deste modo o meio no qual foi utilizado para realizar a pesquisa foi a revisão bibliográfica, onde foram utilizados artigos, livros e trabalhos para a realização da pesquisa, o critério aplicado deu-se na utilização de obras dos últimos dez anos, onde utiliza-se a busca em livros, bibliotecas virtuais, banco de dados da Capes e BDTD, onde obteve-se respostas para os objetivos específicos do trabalho, como definições, aplicações e exemplos sobre a temática Metodologias de Gestão de Projetos, obtendo assim referências que pudessem transmitir de forma didática os conhecimentos, sendo de suma importância para o aprendizado para aplicações em futuras experiências.

Palavras-chave: Gestão de Projetos. Projetos. Metodologias. PMBOK. PMI.

Abstract

With the advancement of technologies, the great demand for innovative products and services, competitiveness and the search for agile methods to develop products and services, empower employees, attract customers or any improvements, companies have opted for projects that meet their objectives and make it advance in the economic scenario, so it becomes indispensable within an organization methodologies to achieve established goals, making it competitive power against its competitors, obtaining internal improvements and bringing innovations to its customers whether in products or services, it is therefore up to the company to use methods in its projects, in which area it needs change. Projects are of paramount importance within a company because they generate innovation and growth, know how to manage them in a didactic way comes through the use of project management methodologies, which can be adjusted the structure of the company and its cycles of strategies. The objective of this instrument is to demonstrate the importance of applying project management methodologies effectively and efficient, as well as pointing out which methodologies can be used according to the structure and need of the company, also reflecting on projects and project management and how they can positively impact internally and externally the expected results. Thus, the means in which the research was used was the literature review, where articles, books and works were used to the specific objectives of the work, the criterion applied was in the



use of works of the last ten years, where the search in books, virtual libraries, database of Capes and BTDT such as definitions, applications and examples on the theme Project Management Methodologies, thus obtaining references that they could give knowledge in a didactic way, being of paramount importance for learning for applications in future experiences.

Keywords: Project Management. Project. Methodologies. PMBOK. PMI.

1. INTRODUÇÃO

O avanço das tendências de execução de projetos e a busca por eficiência nessas execuções, tem sido bastante abordada pelas organizações, o gerenciamento de projetos como teoria desenvolveu-se muito bem no decorrer dos anos, o que acuminou para projetos mais eficazes e estruturados, onde os principais métodos não somente enquadram o começo e fim do projeto, mas englobam o processo todo.

Diante disso, a pesquisa visa discutir sobre metodologias de gerenciamento de projetos uma vez que aponta benefícios para a competitividade, produtividade e eficácia na execução de projetos, devido a importância do conhecimento das metodologias de Gestão de Projetos e sua aplicação na execução de projetos, essa pesquisa justifica-se através dos estudos sobre o uso das metodologias de projetos como vantagem competitiva para obter resultados satisfatórios na implementação de projetos.

As constantes mudanças de mercado e o avanço das tecnologias, obter metodologias ágeis de Gestão de Projetos tem sido vantagem competitiva para as empresas que buscam alcançar seus objetivos de forma rápida e segura, logo torna-se indispensável o estudo e aplicação de metodologias que atendam ao perfil da empresa.

Nota-se que o uso das metodologias de Gestão de projetos torna-se imprescindível dentro das organizações e investir em ferramentas de gerenciamento de projetos está sendo uma das preocupações das lideranças estratégicas de vários setores. Portanto chega-se então a problemática da pesquisa: de que maneira a aplicação dos métodos de Gestão de Projetos podem contribuir para a eficácia na execução de projetos?

Saber aplicar metodologias eficazes dentro de uma organização requer estudo sobre o perfil organizacional, método de trabalho e objetivo da empresa, logo torna-se importante o conhecimento sobre essas metodologias e suas aplicabilidades para a execução e implantação de um projeto bem-sucedido, as metodologias de gestão de projetos. A partir do que foi apresentado acima, o objetivo geral do presente estudo é demonstrar a importância do uso das metodologias de Gestão de Projetos e como o uso destas metodologias podem contribuir na implantação de projetos em uma organização e os objetivos específicos são: conceituar projetos e gestão de projetos, definir quais as principais metodologias de gestão de projetos na implantação de projetos, apontar quais os benefícios da aplicação das metodologias de gestão de projetos dentro de uma organização.

Vanti (2002) define a bibliometria como conjunto de métodos de pesquisa utilizados para mapear a estrutura do conhecimento em um campo científico através de uma abor-

dagem quantitativa e estatística de diversos dados bibliográficos. Deste modo o meio no qual foi utilizado para realizar a pesquisa foi a revisão bibliográfica, onde foram utilizados artigos, livros e trabalhos para a realização da pesquisa, o critério aplicado deu-se na utilização de obras dos últimos dez anos, onde utiliza-se a busca em livros, bibliotecas virtuais, banco de dados da Capes e BDTD, como também no *google* acadêmico. Para a busca dos materiais que abordavam o tema foram utilizadas as palavras chave como: metodologia de gerenciamento de projetos, principais métodos de gerenciamento de projetos, quais metodologias de gerenciamento de projetos atuais, definição de projetos, após a busca nos bancos de dados obtiveram-se resultados.

2. DEFINIÇÃO DE PROJETO E GESTÃO DE PROJETOS

Segundo Roesch (1999), ao formular objetivos, o autor do projeto percebe as etapas contidas em seu trabalho e fixa padrões de sucesso pelos quais será avaliado. Desta maneira os objetivos estabelecidos deste trabalho encaminham para uma revisão bibliográfica, definido assim as metodologias utilizadas para elaboração deste trabalho, a revisão bibliográfica proporciona um melhor método de entendimento do tema proposto.

Para que haja compreensão sobre o que é proposto no tema deste trabalho, precisa-se entender o que é projeto, sua estrutura, suas finalidades e importância do mesmo dentro de uma organização, como também definir gestão de projetos, sua estrutura e importância para a execução de projetos, aplicando metodologias eficazes para o bom progresso e desenvolvimento do mesmo.

2.1 Conceitos de projetos

De acordo com Carvalho e Rabechini Jr (2015) há duas definições de projetos: um refere-se à temporalidade, ou seja, todo projeto tem um começo e um e outro singularidade, ou seja, que o produto e/ou serviço do projeto é, de algum modo, diferente de todos os similares feitos anteriormente. Um projeto tem prazo de validade e tem objetivo específico para o fim a que se destina uma vez que é planejado e executado seu ciclo dar-se por encerrado dentro da organização.

Kerzner (2010) conceitua projetos como um empreendimento com objetivo bem definido e que são atividades exclusivas em uma empresa. Sendo assim uma empresa pode executar atividades rotineiras e já padronizadas em seus processos, o principal desafio de executar um projeto parte do pressuposto que é uma atividade nova e que não será executado da mesma forma em atividades futuras.

Para PMI (2008) “um empreendimento temporário feito para criar um produto, serviço ou resultado único”, sendo assim um projeto é um empreendimento com causa, destino e tempo estabelecido com a finalidade de alcançar uma meta determinada. O que difere projeto de atividade rotineiras é seu objetivo específico, seu tempo de execução, as atividades rotineiras dentro de uma empresa são mecanizadas e atuam de forma padro-



nizada, quase sempre sem alterações bruscas, o projeto tende a explorar áreas fora da zona de conforto, buscando trazer a empresa vantagem competitiva e inovação.

Ainda de acordo com a norma ISO 10.006 “projeto é um processo único, com datas para início e término para o alcance de um objetivo, conforme requisitos específicos” sendo assim projetos são esforços direcionados em um objetivo específico com data e tempo cronometrados, são ações únicas e que não serão repetidas novamente na empresa, uma vez que projetos são únicos e devem ser encerrados após sua execução e monitoramento.

2.1.1 Stakeholders principais de um projeto

Para que um projeto alcance seu objetivo é necessário que o mesmo tenha sido bem planejado e cada parte interessada tenha compreendido suas principais funções. Essas partes envolvidas, que possuem interesses e que podem ser afetadas tanto positiva ou negativamente no decorrer da execução do projeto são chamadas de *stakeholders*.

De acordo com Barbi “o conjunto dos interessados (*stakeholders*) de um projeto engloba todas as pessoas que de alguma forma podem influir no sucesso do projeto”, de acordo com Xavier (2008) “dentro os principais interessados no sucesso do projeto são: Gerente de projetos, cliente, membros da equipe, organização executora, patrocinador (*sponsor*)”

- Gerente de Projetos responsável pelo gerenciamento de projetos;
- Cliente: Parte interessada no projeto, solicitante do produto ou serviço;
- Membros da equipe: integrantes da equipe do projeto;
- Patrocinador (*sponsor*): responsável por prover recursos financeiros para o projeto, pode ser um integrante de dentro ou fora da organização executora;
- Organização executora: empresa solicitada para fomentar e executar o projeto.

2.1.2 Ciclo de vida de um projeto

Para que um projeto seja executado de forma organizada, otimizada e com perspectivas dentro do cronograma estabelecido, é necessário dividi-lo em fases. De acordo com Xavier (2008) “o ciclo de vida de um projeto (*Project life cycle*) consiste no conjunto de fases que o compõem, geralmente em ordem sequencial de execução”. Segundo Vargas (2005) o ciclo de vida de um projeto pode ser dividido em fases, que geralmente definem qual trabalho técnico será realizado e quem estará nele envolvido.

Segundo o PMBOK (2017) O ciclo de vida do projeto é a série de fases pelas quais um projeto passa, do início à conclusão, servindo assim como suporte para o gerenciamento

de projetos quanto a sua estrutura básica, ainda conforme o PMBOK (2017) a fase de um projeto é um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica que culmina na conclusão de uma ou mais entregas, a quantidade de fases depende da natureza do projeto, dentre estas fases tem-se:

Fase de iniciação: Missão e o objetivo são definidos, as estratégias também são selecionadas e delimitadas.

Fase de Planejamento: Nesta fase é feito um detalhamento do projeto, o momento do planejamento é de suma importância, pois pode determinar o sucesso do projeto. Nesta fase é criada a Estrutura Analítica do Projeto (EAP) WBS (*Work Breakdown Structure*), detalha-se o escopo do projeto e as atividades que serão necessárias.

Fase de Execução: Esta fase é onde todo o planejamento de materializa, onde consome-se todo o orçamento destinado ao projeto, nesta fase os erros já cometidos em fases anteriores e que são cometidos tornam-se evidentes.

Monitoramento e Controle: Esta fase ocorre paralelamente a execução do projeto, buscando comparações entre o *status* atual do projeto com o que foi planejado, o monitoramento torna possível toma medidas corretivas caso ocorra algum desvio.

Finalização: Nesta fase é realizado uma auditoria interna ou externa para avaliar a execução dos trabalhos, é elaborado relatórios que servirão de documento para o projeto. Nesta fase também ocorre o mapeamento dos objetivos, se foram atingidos ou não, reunião com os *stakeholders* para apresentação dos principais erros e acertos, buscando não os cometer futuramente, por fim é desmobilizado as equipes do projeto e encerrando os contratos.

2.1.3 Conceito de Gestão de Projetos

Para as metas estabelecidas serem executadas com padronização e melhorias é necessário o controle das atividades do ciclo de vida de um projeto, assim o resultado final será bem-sucedido. No entendimento do PMI, Gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de cumprir os seus requisitos.

Para Vargas (2009) é um conjunto de ferramentas gerenciais que permitem a empresa desenvolva um conjunto de habilidade, incluindo conhecimento e capacidades individuais, destinados ao controle de eventos não repetitivos, únicos e complexos, dentro de um cenário de tempo, custo e qualidade predeterminados.

Segundo Kerzner (2001) "o alcance da excelência em gerenciamento de projetos não é possível sem um processo repetitivo que possa ser utilizado em cada projeto". Para Charvat (2003), "uma metodologia é um conjunto de orientações e princípios que podem ser adaptados e aplicados em uma situação específica.



Sendo assim o Gerenciamento de Projetos incluem, planejamento, organização, supervisão e controle de todos os aspectos do projeto, em um processo contínuo, para alcançar seus objetivos, conforme definição da norma ISO 10006. O PMI (2017) por outro lado enfatiza a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas como aspectos fundamentais para a Gestão de Projetos, tendo como objetivo atender ou superar as necessidades e expectativas dos interessados (*stakeholders*).

2.1.4 Principais áreas do Gerenciamento de Projetos

As áreas dos Gerenciamento de projetos correspondem em termos de seus processos componentes, cada um com um detalhamento específico e uma abrangência própria, porém integrados a todo momento, formando um todo e organizado (PMBOK 2017).

Gerenciamento da Integração

Segundo o Guia PMBOK (2017) o gerenciamento da integração é o conjunto de processos para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os procedimentos de gestão de projetos dentro dos grupos de processos de gerenciamento de projetos (iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento).

Gerenciamento de Escopo

Segundo o Guia PMBOK (2017) inclui os processos necessários para assegurar que o projeto contemple todo o trabalho necessário, e apenas o necessário, para que o mesmo termine com sucesso. Este documento é de suma importância para o gerenciamento de projetos uma vez que o mesmo contém documentos necessários: tais quais: descrição e limites do projeto, objetivos, custos, prazos, responsabilidades, entregas, tarefas, restrições, premissas, além de critérios de validação de forma geral, ele traz um foco para o projeto.

Gerenciamento de Tempo

O gerenciamento de tempo PMBOK (2017) é feito a partir de um conjunto de processos estruturados de maneira que o time terá mais chances para se manter aderente aos prazos combinados pelo gestor. Confira abaixo cada rotina descrita por essa área de conhecimento.

Gerenciamento de Riscos

Segundo o Guia PMBOK (2017), o gerenciamento dos riscos do projeto inclui os processos de condução do planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, implementação das respostas e monitoramento dos riscos em um projeto. O principal objetivo do gerenciamento de riscos é diminuir os eventos negativos e aumentar os eventos positivos que podem ocorrer dentro de um projeto.

Gerenciamento de Qualidade

O gerenciamento da qualidade do projeto inclui os processos para incorporação da política de qualidade da organização com relação ao planejamento, gerenciamento e controle dos requisitos de qualidade do projeto e do produto para atender os objetivos das partes interessadas (PMI, 2017).

Gerenciamento de Recursos Humanos

Segundo o Guia PMBOK (2017), o gerenciamento dos recursos humanos do projeto inclui os processos que organizam e gerenciam a equipe do projeto. A equipe é composta por pessoas com funções e responsabilidades atribuídas com foco no término do projeto. Na sexta edição do Guia PMBOK, Gerenciamento dos recursos humanos passa a ser chamado de Gerenciamento dos recursos do projeto.

Gerenciamento das Comunicações

Segundo o Guia PMBOK (2017) inclui os processos necessários para assegurar que as informações do projeto sejam geradas, coletadas, distribuídas, armazenadas, recuperadas e organizadas de maneira oportuna e apropriada, fazendo com que haja sinergia em todas as fases dos projetos, para que ocorra dentro do prazo estabelecido, uma vez que a comunicação é primordial em cada fase

Gerenciamento de Riscos

Segundo o Guia PMBOK (2017), o gerenciamento dos riscos do projeto inclui os processos de condução do planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, implementação das respostas e monitoramento dos riscos em um projeto.

O principal objetivo do gerenciamento dos riscos é avaliar e gerenciar os riscos do projeto de modo a maximizar a exposição aos eventos positivos e minimizar a exposição aos eventos negativos.

Gerenciamento das Aquisições

Segundo o Guia PMBOK (2017), o gerenciamento das aquisições do projeto inclui os processos necessários para comprar ou adquirir produtos, serviços ou resultados externos à equipe do projeto, esses processos de aquisições são apresentados do ponto de vista do cliente.

Gerenciamento do cronograma do projeto

Segundo Guia PMBOK (2017) inclui os processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto, ou seja, contém o passo a passo do envolvimento do projeto, uma vez que o cronograma traz uma visão geral de cada atividade que será executada no projeto e quais relações cada uma tem entre si, fazendo que tenha uma visão clara do início e fim do projeto.



Gerenciamento dos custos do projeto.

Conforme PMBOK (2017) inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativas, orçamentos, financiamentos, gerenciamento e controle dos custos, fazendo assim que o mesmo termine dentro do prazo estabelecido. Seu objetivo principal é fazer com que o projeto seja entregue dentro do orçamento estabelecido, gerenciando os recursos empregados da melhor forma para que se tenha conhecimentos dos recursos financeiros que serão empregados no decorrer do projeto.

Gerenciamento dos recursos do projeto.

Para o PMBOK (2017) inclui os processos para identificar, adquirir e gerenciar os Recursos necessários para a conclusão bem-sucedida do projeto. Sendo assim organizar quais recursos serão necessários para o planejamento, execução e monitoramento do projeto contribui na otimização e eficiência do mesmo, prevenido falhas, trazendo transparência ao projeto criando assim segurança para os envolvidos.

Gerenciamento das partes interessadas do projeto.

Segundo o PMBOK (2017) inclui os processos exigidos para identificar as pessoas, grupos ou organizações que podem impactar ou serem impactados pelo projeto, fazendo uma análise das expectativas e impactos dos mesmo no projeto, desenvolvendo metodologias de gerenciamento para que haja engajamento eficaz dos mesmo nas decisões, planejamento, execução e monitoramento do projeto.

3. PRINCIPAIS METODOLOGIAS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS

A Gestão de projetos evoluiu com o passar dos anos, cada vez mais as empresas visam obter metodologias eficazes de desenvolvimento em seus setores, buscando obter sucesso frente aos seus concorrentes, as utilizam-se de melhores práticas em gestão de projetos.

De acordo com Kerzner (2016) a gestão de projetos não é mais vista como um sistema totalmente interno à organização. Desse modo a gestão de projetos pode ser vista como uma arma competitiva, auxiliando a equipe de projetos desde o planejamento e entrega de projetos, acompanhando todo o ciclo de vida do mesmo, como também elevando cada vez o nível da empresa, trazendo qualidade, valores e inovação em seus produtos e serviços, buscando atender as expectativas dos clientes.

Segundo Kerzner (2016) "as práticas e metodologias de gestão de projetos são construídas em torno da cultura das empresas", gerando integração entre os setores, provocando sinergia entre os mesmos para tomadas de decisões, cada empresa possui sua cultura e modo operante, o que faz que cada uma tenha um número diferente de fases de ciclo de vida de projeto, distintos pontos de decisão e diferentes critérios de sucesso.

| Instituto | Conjunto de Métodos | País de Origem | Foco da Metodologia |
|--|--|----------------|--|
| <i>Project Management Institute (PMI)</i> | <i>Project Management Body of Knowledge (PMBOK)</i> | EUA | Gestão geral de projetos |
| <i>International Project Management Association (IPMA)</i> | <i>ICB – IPMA Competence Baseline</i> | União Européia | Gestão geral de projetos |
| <i>Australian Institute of Project Management (AIPM)</i> | <i>AIPM – Professional Competency Standards for Project Management</i> | Austrália | Gestão geral de projetos |
| <i>Association for Project Management (APM)</i> | <i>APM Body of Knowledge</i> | Reino Unido | Gestão geral de projetos |
| <i>Office of Government Commerce (OGC)</i> | <i>Projects In Controlled Environments (PRINCE2)</i> | Reino Unido | Gestão de projetos de sistemas de informação |
| <i>Japan Project Management Forum (JPMF)</i> | <i>ENAA Model Form-International Contract for Process Plant Construction</i> | Japão | Gestão de projetos de construções |

Figura 1. Principais associações de gerenciamento de projetos e seus conjuntos de métodos.

Fonte: Carvalho e Patah (2012)

3.1 Project Management Body of Knowledge (PMBOK)

Segundo o *Project Management Institute* PMI (2017) define o conhecimento em Gerenciamento de Projetos (PMBOK) como um termo que descreve o conhecimento no âmbito da profissão de gerenciamento de projetos, desde modo, trata-se e um guia, onde reúne-se as melhores práticas em gestão de projetos. Onde organizações podem criar metodologias, políticas, procedimentos, regras, ferramentas e técnicas e fases do ciclo de vida necessários para a prática do gerenciamento de projetos (PMI 2017).

Conforme o PMBOK (2013, p.417) “Gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos”, O Guia PMBOK® fornece mais detalhes sobre conceitos-chave, tendências emergentes, considerações para fazer a adaptação dos processos de gerenciamento de projetos e informações sobre como ferramentas e técnicas são aplicadas aos projetos (PMI, 2017). Conforme o PMI (2017) o PMBOK® identifica um subconjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos geralmente reconhecidos como boas práticas.

Segundo o PMI (2017):

Reconhecimento geral significa que o conhecimento e as práticas descritas são aplicáveis à maioria dos projetos na maior parte das vezes, e que existe um consenso em relação ao seu valor e utilidade.

Boa prática significa que existe um acordo geral de que a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas podem aumentar as chances de sucesso de muitos projetos em entregar o valor de negócio e resultados esperados.

O PMBOK é composto por 47 processos, agrupados em cinco categorias e dez áreas de conhecimento, denominados componentes chaves do Guia, esses componentes se inter-relacionam durante o gerenciamento de projetos. Projetos têm vários componentes-chave que, quando gerenciados de forma eficaz, resultam numa conclusão bem-sucedida (PMI, 2017).

Esses processos divididos em cinco fases são: iniciação, organização e preparação, execução do trabalho e finalização do projeto, denominado ciclo de vida de um projeto, de acordo com o PMI (2017) ciclo de vida do projeto é a série de fases pelas quais um projeto passa, do início à conclusão. Ele fornece a estrutura básica para o gerenciamento do projeto.

De acordo com o PMI (2017) Área de Conhecimento é uma área identificada de gerenciamento de projetos definida por seus requisitos de conhecimento e descrita em termos dos processos que a compõem: práticas, entradas, saídas, ferramentas e técnicas, essas áreas são: Gerenciamento da integração do projeto, Gerenciamento do escopo do projeto, Gerenciamento do cronograma do projeto, Gerenciamento dos custos do projeto, Gerenciamento da qualidade do projeto, Gerenciamento dos recursos do projeto, Gerenciamento das comunicações do projeto, Gerenciamento dos riscos do projeto, Gerenciamento das aquisições do projeto, Gerenciamento das partes interessadas do projeto.

3.1.1 *International Competence Baseline (ICB - IPMA) e National Competence Baseline (NCB)*

Segundo site oficial institucional a *International Project Management Association* (IPMA) é uma organização sem fins lucrativos direcionada à capacitação dos gestores de projetos com aproximadamente a mais de 50 anos atuantes no mercado seu objetivo é certificar os profissionais de gestão de projetos com base num sistema de quatro níveis (4-L-C) onde seu documento de referência é o *IPMA Competence Baseline (ICB)* e o *National Competence Baseline (NCB)* é a versão da ICB adaptada às necessidades locais. O ICB, se configura como uma excelente fonte de referência para aqueles que buscam uma opção de métodos em gerenciamento de projetos mais voltada para os aspectos humanos da gestão (IPMA, 2006)

3.1.2 *Certificação universal IPMA em 4 níveis (4-L-C)*

- *Certified Project Director (IPMA Level A ou IPMA-A)* ou Diretor de Projetos Certificado: significa que a pessoa é capaz de dirigir um importante portfólio de projeto ou um programa, com os recursos, metodologias e ferramentas correspondentes.

- *Certified Senior Project Manager* (IPMA Level B ou IPMA-B) ou Gerente de Projetos Sênior Certificado: corresponde a um profissional capaz de gerir um projeto complexo.
- *Certified Project Manager* (IPMA Level C ou IPMA-C) ou Gerente de Projetos Certificado: capaz de liderar um projeto com complexidade limitada, o que significa que demonstrou o correspondente nível de experiência e atitude que o habilita a aplicar o conhecimento de gestão de projetos.
- *Certified Project Management Associate* (IPMA Level D ou IPMA-D) ou Gerente de Projetos Associado Certificado: a pessoa é capaz de aplicar o conhecimento de gestão de projetos enquanto participante de um projeto em áreas em que o senso comum não é suficiente para realizar o trabalho com um nível de competência satisfatório.
- *A International Project Management Association* (IPMA) organizou as competências de gestão de projetos em três áreas: técnica, comportamental e contextual. O NCB define quarenta e seis elementos de competência, complementados pelas relações entre eles, agrupando-os em competências técnicas, comportamentais e contextuais.
- Elementos de Competência Técnica: Os elementos descritos são necessários para iniciar, executar, e encerrar projetos. Esta ordem pode ser alterada dependendo do tipo, tamanho e complexidade do projeto, além de outros fatores influenciadores.
- Elementos de Competência Comportamental: Baseiam-se num conjunto de documentos de referência que descrevem o comportamento e que incluem os elementos de atitude pessoal.
- Elementos de Competência Contextual: Descrevem os conceitos de projeto, programa e portfólio e a ligação entre estes conceitos e a organização, ou organizações envolvidas no projeto.

3.1.3 AIPM (*Australian Institute of Project Management*) e APM (*Association Project Management*) Body of Knowledge

Conforme o site institucional trata-se de um Instituto Australiano de Gerenciamento de Projetos, é uma organização sem fins lucrativos que visa por meio de certificação, desenvolver profissionalmente seus alunos, ainda conforme o site institucional o papel do AIPM é melhorar o conhecimento, as habilidades e a competência dos gerentes de projeto e pessoal relacionado ao projeto, não apenas dos objetivos do projeto.

O AIMP é regido pelo Conselho de Administração de Projetos, de acordo com o site institucional este conselho é responsável por estabelecer metas de curto e longo prazo, direcionamentos estratégicos e políticas que regem as operações da AIPM e a conduta de seus membros.



O *APM Body of Knowledge* é uma instituição inglesa sem fins lucrativos, atuante em 50 anos conforme seu site institucional, realiza eventos, compartilhamos as melhores práticas e damos à comunidade de gerenciamento de projetos – indivíduos e empresas – a oportunidade de se conectar e debater.

3.1.3.1 Qualificações APM - Association for Project Management

Qualificação de Fundamentos do Projeto APM (PFQ)

Segundo site institucional a Qualificação de Fundamentos do Projeto APM (SCQF Nível 6) é um exame de múltipla escolha. Ele oferece uma consciência fundamental da terminologia de gerenciamento de projetos, dando-lhe o conhecimento para fazer uma contribuição positiva para qualquer projeto, dando ao estudante uma visão ampla dos princípios da profissão

Qualificação de Gerenciamento de Projetos APM (PMQ)

A Qualificação de Gerenciamento de Projetos APM (SCQF Nível 7) é uma qualificação baseada em conhecimento. Ele permite que você demonstre conhecimento de todos os elementos do gerenciamento de projetos, desde modo permitindo que aluno participe de projetos de todos os portes

Qualificação Profissional de Projetos APM (PPQ)

A Qualificação Profissional (SCQF Nível 9) avalia sua capacidade na entrega de projetos profissionais. Esta é a avaliação mais abrangente da capacidade profissional de gerenciamento de projetos. A qualificação abrange as competências essenciais necessárias em todas as áreas de gerenciamento de projetos.

3.1.4 PRINCE 2 (*Projects in Controlled Enviroments*)

Segundo a *APMG International* (2015): O *PRINCE* é uma abordagem baseada nos processos de gerenciamento de projetos, fornece um método facilmente adaptável e escalável para a gestão de quaisquer tipos de projetos e é o padrão atual utilizado no gerenciamento de projetos no Reino Unido. De acordo com Lukosevicius (2018) “o *PRINCE2* é um método para gerenciamento de projetos, isto é, um passo a passo das atividades gerenciais dentro de um projeto.”

Mais voltado ao mercado de tecnologia de informação, o *PRINCE 2*, apresenta-se estruturado por etapas de um projeto e por atividades a serem conduzidas pela equipe de gestão do mesmo, por isso é um pouco mais voltado à aplicação prática do que os demais (OGC, 1996).

3.1.5 ENAA (*Engineering Advancement Association of Japan*)

De acordo com o site institucional é uma organização sem fins lucrativos criada em 1978 com o apoio do Ministério do Comércio Internacional e Indústria, segundo seu site institucional tem como objetivo desenvolver atividades diversificadas, como o avanço das capacidades tecnológicas e a promoção do desenvolvimento técnico

O ENAA, publicado pelo instituto japonês de gerenciamento de projetos, dedica-se a analisar com mais profundidade os aspectos técnicos e contratuais de grandes projetos de engenharia tendo, portanto, uma aplicação mais restrita a determinados segmentos de mercado (ENAA, 1992).

A efetividade do processo de gerenciamento de projetos irá determinar se os projetos desempenham um forte papel em fornecer uma fonte de vantagem competitiva para uma organização (BARBER, 2004). Mesmo as organizações que aparentemente apresentam sucesso nos seus projetos, possuem uma inconsistência latente do mesmo e uma falta de habilidade para identificar o problema e a maneira de reduzi-lo (BUCHANAN, 2008).-

Escopo das Operações

Atividades relacionadas à engenharia:

Pesquisa de tecnologia de gestão, métodos de formação de recursos humanos etc. Formulação de padrões; Coleta de pesquisas e informações; Pesquisa de problemas técnicos, configurações do sistema etc.; Criação e divulgação do projeto; Cooperação e intercâmbio internacional; Operação de programas de treinamento, organização de seminários etc.; Divulgação de resultados e realizações relacionadas às atividades

GEC (Centro de Engenharia Geoespacial)

Atividades relacionadas à utilização do espaço subterrâneo: Desenvolvimento do conceito mestre; Pesquisa e desenvolvimento de tecnologia utilizando o espaço subterrâneo; Pesquisa e desenvolvimento para sistema utilizando o espaço subterrâneo; Pesquisa e Relações Públicas; Cooperação e intercâmbio internacional

SEC (Centro de Segurança e Meio Ambiente para o Desenvolvimento Petro-lífero)

Atividades relacionadas à proteção e segurança ambiental para desenvolver recursos de petróleo e gás natural: Pesquisa e desenvolvimento, orientação técnica e treinamento de engenheiros para proteção e segurança ambiental; Pesquisas e investigações (coleta de informações e relatórios); Patrocínio e participação em conferências internacionais/ Promoção da cooperação internacional.



| Conjunto de Métodos | Características | Diferenças entre os Demais |
|--|--|---|
| PMBok – <i>Project Management Body of Knowledge</i> | Conjunto de métodos desenvolvido para diversos tipos de projetos, sendo, portanto, bastante genérico. Estruturado por áreas de conhecimento de um projeto. | É complementado por dois conjuntos de métodos adicionais: Programa e Portfólio. |
| ICB – <i>IPMA Competence Baseline</i> | Estruturado por competências que o projeto necessita desenvolver, divididas em: contextuais, comportamentais e técnicas. | Juntamente com a norma australiana, apresenta um grau de profundidade bem maior que os demais métodos nos aspectos humanos da figura do gerente do projeto. |
| AIPM <i>Professional Competency Standards for Project Management</i> | Este documento, publicado pelo instituto australiano de projetos, é bastante similar em sua estrutura ao PMBoK, dividido por áreas de conhecimento. | Também possui um enfoque mais profundo nas habilidades humanas. |
| APM <i>Body of Knowledge</i> | Um dos mais completos conjuntos de métodos, este documento apresenta conteúdos relacionados a projetos, valor, escritório de projetos e aspectos estratégicos da gestão de projetos. | É o mais abrangente dos conjuntos de métodos. |
| PRINCE2 – <i>Projects In Controlled Environments</i> | Conjunto de métodos estruturado por etapas de um projeto e nas atividades a serem conduzidas pela equipe de gestão do mesmo. | Conjunto de métodos mais voltado para projetos de tecnologia de informação. |
| ENAA <i>Model Form-International Contract for Process Plant Construction</i> | O documento tem um enfoque muito grande nos aspectos contratuais de um projeto. | O foco deste conjunto de métodos são projetos de construção em engenharia. |

Figura 2. Os conjuntos de métodos em gerenciamento de projetos e suas principais características.
Fonte: Carvalho e Patah (2012. p 184)

4. OS BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS DE GESTÃO DE PROJETOS DENTRO DE UMA ORGANIZAÇÃO

Com o mercado cada vez mais competitivo, avanço da tecnologia, a busca por atender cada vez mais rápido as necessidades dos clientes, obter metodologias que impactarão no desenvolvimento e na competitividade da empresa, são pensadas e analisadas estrategicamente, de acordo com Carvalho e Patah (2012) o sucesso em projetos é usualmente definido como cumprir os objetivos de tempo, custo e qualidade e satisfazer os *stakeholders* do projeto.

A efetividade do processo de gerenciamento de projetos irá determinar se os projetos desempenham um forte papel em fornecer uma fonte de vantagem competitiva para uma organização (BARBER, 2004). Para Buchanan (2008) as métricas se dividem em duas ca-

tegorias: medidas preditivas que ajudam a prever ou identificar tendências funcionando como um sistema de alerta inicial e medidas corretivas que auxiliam a estabelecer padrões para melhorar a performance em projetos futuros.

Outra maneira de se avaliar o sucesso é dividi-lo em dois critérios distintos. Um, o próprio sucesso, que segundo Cooke-Davies (2002), não pode ser medido até que o projeto seja finalizado, e outro, a performance de projetos, que pode ser medida durante a execução. Sendo assim possível metrificá-lo em ambas as suas fases, tanto em andamento quanto finalizado.

Segundo Carvalho e Patah (2012) outra maneira direta de se avaliar os benefícios do gerenciamento de projetos é analisar as margens dos projetos correntes de uma empresa, ou seja, o valor do projeto quando é vendido com o valor do projeto concluído. A diferença pode ser explicada em parte pela metodologia de gerenciamento de projetos (PATAH; CARVALHO, 2007). À medida que a gestão de projetos se desenvolveu, as melhores práticas se tornaram importantes sendo aprendidas tanto com sucessos quanto com fracassos (KERZNER, 2016).

Segundo Kerzner (2016) há seis forças motrizes que levam os executivos a reconhecer a necessidade da gestão de projetos: Projetos de capital; Expectativas do cliente; Competitividade; Compreensão por parte dos executivos; Desenvolvimento de novos projetos; Eficiência e eficácia.

Segundo Carvalho e Patah(2012) Os critérios de desempenho estratégico são decorrentes de definições externas aos projetos, relacionadas com o ambiente organizacional em que o projeto está inserido, ou seja, busca-se atender tanto as expectativas dos clientes quanto as expectativas dos *stakeholders*. O uso de técnicas, ferramentas e processos de gerenciamento de projetos fornece uma base sólida para as organizações atingirem suas metas e objetivos (PMI,2017)

4.1 Benefícios do gerenciamento de projetos dentro de uma organização:

De acordo com o PMI (2017) O gerenciamento de projetos é realizado através da aplicação e integração apropriadas dos processos de gerenciamento de projetos identificados para o projeto, ou seja, cada processo trabalha com sinergia, efetivando assim o desenvolvimento do projeto em cada uma de suas fases, um bom gerenciamento de projetos traz benefícios a empresa como:

O gerenciamento de projetos eficaz ajuda indivíduos, grupos e organizações públicas e privadas a (PMI, 2017): Cumprir os objetivos do negócio; Satisfazer as expectativas das partes interessadas; Serem mais previsíveis; Aumentarem suas chances de sucesso; Entregarem os produtos certos no momento certo; Resolverem problemas e questões; Responderem a riscos em tempo hábil; Otimizarem o uso dos recursos organizacionais; Identificarem, recuperarem ou eliminarem projetos com problemas; Gerenciarem restrições (por exemplo, escopo, qualidade, cronograma, custos, recursos); Equilibrarem a influência de restrições do projeto (por exemplo, o aumento de escopo pode



aumentar custos ou o prazo); E gerenciarem melhor as mudanças.

Ainda de acordo com o PMI (2017) ausência do gerenciamento de projetos na implementação de projetos pode ocorrer:

Prazos perdidos, estouros de orçamento, má qualidade, retrabalho, expansão descontrolada do projeto, perda de reputação para a organização, partes interessadas insatisfeitas, e incapacidade de alcançar os objetivos para os quais o projeto foi empreendido.

O Gerenciamento de projetos e as metodologias de gerenciamento de projetos, são essenciais para a competitividade da empresa, uma vez que, para se sobressair frente aos seus concorrentes as mesmas devem buscar cada vez mais métodos para desenvolver seus produtos e serviços de forma inovadora. O gerenciamento de projetos eficaz e eficiente deve ser considerado uma competência estratégica nas organizações (PMI 2017).

Isso permite que as organizações:

- Vinculem os resultados do projeto com os objetivos do negócio,
- Concorram com mais eficácia nos seus mercados,
- Sustentem a organização, e
- Respondam ao impacto das mudanças de ambiente de negócios nos projetos, ajustando adequadamente os planos de gerenciamento de projetos.

Logo cabe ressaltar a importância das metodologias de gestão de projetos para a implementação de projetos, uma vez que as mesmas necessitam manter-se no mercado atuante e com diferenciação entre seus concorrentes, trazendo inovação para seus clientes e buscando melhorias internas entre seus setores.

Os projetos são uma maneira chave de criar valor e benefícios nas organizações. No ambiente de negócios atual, os líderes organizacionais precisam ser capazes de gerenciar orçamentos cada vez mais apertados, prazos mais curtos, recursos mais escassos e uma tecnologia que muda rapidamente. O ambiente de negócios é dinâmico, comum ritmo acelerado de mudança. Para se manterem competitivas na economia mundial, as empresas estão adotando o gerenciamento de projetos para entregar valor de negócio de forma consistente (PMI, 2017, pág. 10).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente instrumento visa trazer de forma didática a cerca informações relevantes ao gerenciamento de projetos como também a sua importância para as organizações e as principais metodologias de gestão de projetos, para que a empresa fique frente aos seus concorrentes no quesito competitividade e inovação em seus produtos ou serviços.

O sucesso em gerenciamento de projetos, depende das metodologias e esforços empregados em cada fase do projeto, obter informações sobre o que é um projeto e suas fases são de suma importância para que seja planejado, executado da maneira correta, evitando problemas futuros e trazendo desenvolvimento a empresa.

Este trabalho buscou através de revisões bibliográficas referências sobre gerenciamento de projetos e suas metodologias, como também a importância das mesmas em uma empresa, cabe ressaltar que empresas de todos os portes podem utilizar-se de metodologias de gestão de projetos a fim de obter competitividade no mercado.

Referências

AIPM, AUSTRALIAN INSTITUTE OF PROJECT MANAGEMENT. **AIPM Professional Competency Standards for Project Management**. Sidney: AIPM, 2008.

APM, ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT. **APM Body of Knowledge**. Buckinghamshire: APM, 2006

BARBER, E. (2004). Benchmarking the management of projects: a review of current thinking. **International Journal of Project Management**, 22, 301-307. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2003.08.001>

BUCHANAN, J. (2008). **Measuring up**. PM Network Project Management Institute.

CARVALHO, Marly Monteiro de ; RABECHINI JR Roque. **Fundamentos em Gestão de Projetos: Construindo Competências para Gerenciar Projetos**. São Paulo, Atlas 4 ed,2. reimpr, 2017.

CHARVAT, Jason. **Project Management Methodologies**. John Wiley & Sons, NJ, 2003.

ENAA, ENGINEERING ADVANCEMENT ASSOCIATION OF JAPAN. **Model Form-International Contract for process plant construction**. Tokyo: ENAA, 1992.

IPMA, INTERNATIONAL PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATION. ICB – IPMA **Competency Baseline**. Nijkerk: IPMA, 2006.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO 10006: **Quality management - Guidelines to quality in project management**. s.l.p., ISO, 1997.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos – As melhores práticas**. Terceira edição. Porto Alegre: Bookman,2016.

MUNK, Rafael. **Prática de gestão de projetos: um estudo de caso da aderência e dissonância da sistemática de uma empresa brasileira de PMBOK**. Disponível em http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/16215/RafaelMunk_dissertacao%20-%20ENTREGA.pdf?sequence=1&isAllowed=y acesso em 16 de maio de 2019.

OGC, OFFICE OF GOVERNMENT COMMERCE. PRINCE2 – **Projects in Controlled Environments**. Londres: OGC, 1996

PATAH, Leandro Alves; CARVALHO, Marly Monteiro de. Métodos de Gestão de Projetos e Sucesso dos Projetos: Um Estudo Quantitativo do Relacionamento entre estes Conceitos. **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 178-206, aug. 2012. ISSN 2236-0972. Disponível em: <http://www.revistagep.org/ojs/index.php/gep/article/view/94/292>. Acesso em: 24 maio 2022.

PMI, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK)**. Sexta Edição. Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, 200 Sexta edição. | Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1999

VIANA Vargas Ricardo. **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo Diferenciais Competitivos**.Rio de Janeiro, Brasport, 7 ed. 2009

VANTI, N. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, v. 31, n. 2, p. 152-162, maio/ago. 2002.

CAPÍTULO 39

GESTÃO DA QUALIDADE: FERRAMENTAS DA QUALIDADE E AS MELHORIAS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO

*QUALITY MANAGEMENT: QUALITY TOOLS AND IMPROVEMENTS IN
PRODUCTION PROCESSES*

Rodrigo Batista Lisboa¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Este artigo tem a finalidade de apresentar os relacionamentos entre as ferramentas da qualidade e a melhoria dos processos produtivos através do uso adequado dos controles internos disponíveis e dos fatores ambientais da organização, e a influência que acarretam em sistema de gestão da qualidade. O objetivo geral deste foi demonstrar como ferramentas da qualidade podem melhorar os processos produtivos, podendo também trazer vantagens financeiras e competitiva perante o mercado trabalho. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo. Foi realizada pesquisa através de materiais já publicado na área da engenharia de produção referente ao tema abordado, os dados foram extraídos de materiais das revistas eletrônicas, além de livros de bibliotecas universitárias no idioma nacional e no período 2000 a 2019. Conclui-se que a importância da condução das ferramentas com base na gestão de competências, visa garantir o amadurecimento contínuo das atividades de melhoria na organização.

Palavras-chave: Competitividade, Produtividade, Qualidade, Ferramentas da qualidade.

Abstract

This article aims to present the relationships between quality tools and the improvement of production processes through the proper use of available internal controls and the organization's environmental factors, and the influence they have on a quality management system. The general objective of this was to demonstrate how quality tools can improve production processes, and can also bring financial and competitive advantages in the labor market. This is a literature review using a qualitative and descriptive method. Research was carried out through materials already published in the area of production engineering regarding the topic addressed, the data were extracted from materials from electronic journals, in addition to books from university libraries in the national language and in the period 2000 to 2019. importance of conducting the tools based on competence management, aims to ensure the continuous maturation of improvement activities in the organization.

Keywords: Competitiveness, Productivity, Quality, Quality Tools.

1. INTRODUÇÃO

A globalização é um fenômeno social, tecnológico e econômico ocorrido nas últimas décadas e, diante dessa nova realidade, tem levado as organizações a uma maior produtividade para se ajustar e melhorar suas necessidades. Neste novo mundo, a competição está ocorrendo em escala global e os requisitos do consumidor são extremamente rígidos, portanto, os processos do produto devem ter qualidade global. As empresas precisam apenas se adaptar aos novos pedidos, reduzir custos e estar sempre à frente do mercado, essa é a característica da gestão da qualidade.

A introdução do gerenciamento da qualidade apresenta a procura de um meio que viabiliza otimizar os processos na empresa e a melhoria contínua para efetivamente expandir o atendimento às políticas e metas de qualidade. Portanto, garante os interesses da organização em permanecer as características de produção dentro da organização.

Diante desse contexto, justifica-se que a realização deste trabalho tem como o intuito de enfatizar a importância dos elementos envolvidos na aplicação de ferramentas de gestão da qualidade para melhoria de processos e produtos. A proposta passou a auxiliar a tomada de decisões para que o processo seja melhor controlado e seja realizada uma avaliação detalhada e rigorosa do processo.

Nota-se que as empresas usam ferramentas de gestão para manter um bom processo e assim visando melhorias internas em vários setores. Mas alguns desses métodos têm o principal objetivo de detectar problemas e minimizá-los da melhor forma possível no ciclo de vida de um projeto ou processo. Portanto a questão que orienta essa pesquisa é: como as ferramentas da qualidade podem contribuir com a qualidade dos processos produtivos?

No objetivo geral do presente estudo foi demonstrar como ferramentas da qualidade podem melhorar os processos produtivos, podendo também trazer vantagens financeiras e competitiva perante o mercado. Além dos objetivos específicos são conceituar gestão de qualidade; apresentar as ferramentas que contribuem para a gestão de qualidade e evidenciar a importância do apoio das ferramentas da qualidade para as empresas.

De acordo com o proposto, trata-se de uma revisão bibliográfica 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 (REEC), 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 2000 até 2019. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos vinte anos, na língua portuguesa.



2. CARACTERÍSTICA DA GESTÃO DA QUALIDADE

O presente capítulo destina-se a apresentar as principais características sobre a gerenciamento de qualidade incorporado do procedimento de produção. Segundo Costa (2014) a qualidade dos produtos e serviços prestados no mercado é um elemento muito importante e essencial para o sucesso da empresa, por isso se tornou uma meta constante.

De acordo com Paladini (2012) as definições de qualidade mudaram notavelmente ao longo do tempo. Com as operações simples no processo de manufatura e com as pequenas melhorias locais, a qualidade tem sido considerada um dos elementos básicos da gestão organizacional. Com a fusão de bens tangíveis, o serviço se tornou um fator chave para a sobrevivência das organizações de produção, dos processos no mercado e das pessoas pelas diferenças de desempenho.

Deming (2008) explica que o problema encontrado na definição da qualidade dos produtos e/ou serviços é transformar as necessidades futuras dos usuários em características mensuráveis, possibilitando o refinamento do projeto. A busca pela satisfação do cliente, tudo isso é o preço que ele sugere pagar.

Yuki (2008) fala que a definição de qualidade é considerada como aplicabilidade do produto na perspectiva do cliente em cinco aspectos: qualidade intrínseca, custo, entrega, moral e segurança. A atribuição da qualidade é obter uso adequado nas atividades de pesquisa realizadas em qualquer parte da organização para satisfazer os clientes (JURAN, 2010).

Segundo Rodrigues e Amorim (2008) explicam que a busca pela qualidade é responsabilidade de todos na empresa, mas ainda existem algumas organizações que atribuem a responsabilidade pelo atendimento dos requisitos de seus produtos aos inspetores de qualidade, considerando que todos os produtos devem ser inspecionados antes da entrega aos clientes.

Crosby (2012) define a qualidade como um processo produtivo baseado nas especificações de atendimento aos requisitos, na busca de disciplina, perseverança e exemplos construtivos para defeitos que não ocorrem, e foca na liderança e no investimento da formação dos indivíduos na cultura organizacional pelo custo da qualidade que é o preço da não conformidade.

Segundo a sugestão de Gill (2008), a gestão da qualidade é definida de maneira organizacional, apenas quando os critérios de avaliação (segurança, eficiência, eficácia e parâmetros de serviço para a cultura organizacional) estão relacionados à dinâmica do negócio (resultados), a fim de alcançar a gestão da qualidade, processo e recursos.

A NBR ISO 8402:2005 define gestão da qualidade como um conjunto de atividades ordenadas para orientar e controlar a qualidade do planejamento, incluindo, monitoramento, garantia e melhoria da qualidade (ABNT, 2005). Uma série de atividades mencionadas no conceito de gerenciamento da qualidade está incluída na organização, e a melhoria da qualidade também compõe no planejamento, controle e garantia (CARVALHO et al., 2012).

Segundo Campos (2004), a qualidade total de uma organização são todas as dimensões que afetam os aspectos do atendimento até as necessidades das pessoas, afetando assim a sobrevivência da empresa e o controle total de todos os funcionários. E para alcançar e manter a qualidade de forma sistemática é baseado no ciclo de *Deming* ou Ciclo de *Shewhart* (PDCA -*Plan, Do, Check e Act*).

Martins e Laugeni (2005) explicam que a gestão da qualidade total (TQM-*Total Quality Management*) tem um conceito muito amplo que envolve todas as fases do desenvolvimento do produto ou serviço, sendo que os colaboradores da empresa apoiam a TQM.

Para Juran (2002), a gestão da qualidade total é conceituada como a expansão do plano de negócios da empresa, que é a fase de sua caracterização. O planejamento determina as atribuições muito frequentes no TQM: definição de metas; determinação das ações realizadas para atingir as metas; esclarecimento da atribuição de responsabilidades; fornecimento de recursos com treinamento para a equipe; avaliação de desempenho; análise contínua de metas; análise das metas estabelecidas.

Conforme Moreira (2001), somente por meio do controle de qualidade total (TQC) a qualidade pode ser mantida, podendo ser definida como como um processo de manutenção de determinado fenômeno dentro dos padrões estabelecidos. Todo produto que passa pelo processo de fabricação industrial possui requisitos de qualidade que devem ser implementados de acordo com as variáveis básicas do plano. Portanto, TQC deve ser compreendido como o processo de correção de erros, pois pode medir e comparar o nível de qualidade alcançado com o nível exigido.

De acordo com Costa (2014) a padronização do processo de implementação do sistema de qualidade, assim como a ISO 9001, ambos estão vinculados ao conceito de TQC, sendo que garantem competitividade na melhoria e satisfação ao cliente. Ainda assim ajuda a estabelecer princípios de TQC podendo revelar a produção aos olhos externos. Com a conclusão da certificação, não apenas a própria empresa verifica o produto, mas toda a sociedade exige qualidade no que é produzido. Da mesma forma, a integração do TQC na certificação garante a participação e a certificação por meio de métodos simples e o resultado é determinado passo a passo.

Reis e Melhado (2003) apontam que para iniciar o processo de implantação de um sistema de qualidade organizacional é necessário a constituição de um comitê que deve ser composto por um grupo de pessoas representativas de diferentes empresas, o plano será determinado pela equipe orientada pelo gerente de qualidade.

Segundo Campos (2004), um sistema de gestão é uma série de ações que conectam entre si para alcançar os resultados da empresa. Sua estrutura tem como gestão e melhoria contínua de processos, políticas e procedimentos organizacional. A introdução do sistema de gestão garante o avanço da empresa na tomada de ações e na busca de processos internos para melhorar a eficácia e eficiência da qualidade do produto final.

Nas palavras de Carpinetti (2010) percebe-se que a norma de implantação inclui, em princípio, o diagnóstico da organização elaborado pela comissão de qualidade. Portanto, a partir do diagnóstico realizado, é possível verificar o posicionamento da empresa em relação à qualidade exigida e determinar quais elementos devem constituir o sistema de



qualidade da empresa.

Lobo (2013) define o sistema de gestão da qualidade como uma série de estratégias de gestão para direcionar e melhorar a qualidade em todos os procedimentos da organização. Nas palavras dos autores Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2011) explicam que a gestão de qualidade pode ser concluída se um bom ciclo de mediação, análise e ação de melhoria for estabelecido. Na implantação e manutenção do sistema as atividades são realizadas de maneira coordenadas definindo as ações de forma realizada.

O sistema de qualidade foi introduzido por meio da formulação de um manual de qualidade da empresa, que é um documento que apresenta a política de qualidade da organização e determina como a empresa se esforça para atingir os objetivos de qualidade expressos em sua política. Qualquer função que usa recursos para modificar as entradas e saídas do produto é considerada um processo (CIERCO et al., 2007).

Costa (2014) explica que a ISO 9001 é uma certificação do sistema de gestão de qualidade muito importante, pois toma as medidas de garantia de qualidade, comprovando o atendimento no seguinte requisito com documentos de referência que estabelece os parâmetros que deve ser controlado e verificado. No entanto, a fim de melhorar a eficácia do sistema, alguns modelos e ferramentas são conhecidas e usada como análise e solução de problemas.

Com base no padrão do sistema de qualidade BS 5750 publicado pela British Standards Institution (BS) em 1979, a ISO 9000 emitiu padrões de qualidade desde 1987 e a norma foi revisada em 2000 sendo que a ISO 9001: 2000 adotou a migração da empresa para a nova versão. A ISO 9000 é baseada em organizações de clientes, participação de pessoas, liderança, métodos de gestão de sistemas e atenção no processo, baseado no princípio da tomada de decisão, melhoria contínua e relações mutuamente benéficas com seus fornecedores.

Juran (2010) explica que os custos da qualidade são subdivididos em todos os setores do processo produtivo. Coordenar atividades de gerenciamento para atingir metas é uma tarefa árdua de gerenciamento de qualidade. Portanto, a produção é o elemento básico da organização que produz bens e serviços e todas as organizações devem assumir responsabilidades e funções específicas onde estão vinculadas por objetivos organizacionais comuns (VIEIRA, 2013).

e acordo com Fujimoto (2017) explica que quando a produção tenta satisfazer os clientes, todos os aspectos que afetam as prioridades da organização e as metas de desempenho são diretos aos consumidores. Um dos requisitos da ISO 9000 é que quando as empresas compram materiais e prestação de serviços que afetarão a qualidade dos produtos ou serviços prestados a implementação de leis e regulamentos são avaliados com seus fornecedores.

Bulgacov (2006) fala que deve ser enfatizado os pedidos de obtenção de materiais essenciais que são executados na forma de materiais designados. A especificação deve definir os padrões de materiais e requisitos para a implementação do sistema de qualidade. O departamento de compras consultará o fornecedor aprovado para o material e solicitará uma cotação, defina a menor cotação e escolha será aquela com a melhor relação

custo/prazo.

Slack (2008) ressalva que o setor responsável pelo atendimento das compras dos produtos faz a fiscalização dos materiais. Caso o material recebido seja rejeitado pelo usuário ou não atenda aos requisitos, preencha um relatório de não conformidade e questione as providências até que o problema seja finalmente resolvido e comunique com o departamento financeiro.

Meseguer (2010) estabeleceu um padrão analítico no diagnóstico, que é colocado na prática de maneira com a categoria de país, produção e serviço. Portanto, parece que ao observar atentamente o processo de desenvolvimento e implementação da moderna tecnologia de controle de qualidade é observado em quatro métodos de controle podem ser constatados como fases contínuas como sistema de inspeção tradicional; controle de recebimento; produção diferenciada de controle de recebimento; combinação de controle de produção e recebimento.

Fujimoto (2017) explica que as normas ISO 9001 e ISO 9002 se refere ao controle de produção e devem ser cuidadosamente planejadas para garantir que o processo seja realizado sob condições controladas adequadas. Os elementos, técnicas, mecanismo de desempenho, precisam ser fundamentais, tendo que abranger as orientações para a elaboração dos serviços. Portanto, o processo deve ser fiscalizado de maneira precisa com apoio nas propriedades do serviço para garantir que ele atenda às representações com qualidade.

Bulgacov (2006) diz que os materiais, ferramentas e métodos de execução devem ser relevantes e devem incluir instruções para a execução do serviço. Portanto, o processo deve ser devidamente monitorado de acordo com as características do serviço para garantir que ele atenda às especificações de qualidade.

2.1 Ferramentas de gerenciamento de qualidade

O potencial dessas ferramentas no processo é bem conhecido, mas também vale ressaltar que é necessário entender a própria ferramenta para saber como utilizá-la, reduzindo assim a chance de erros. No entanto, para o uso bem-sucedido desses métodos, o diálogo entre as partes relevantes é essencial para refinar as informações utilizadas no processo e ajustar as ações a serem formuladas (FREIRE, 2016).

Paladini (2012) conceitua a ferramenta da qualidade como um mecanismo simples, projetado para solucionar, implementar e avaliar as mudanças existentes no processo produtivo, que é alcançado por meio da análise objetiva de partes claramente definidas do processo. O objetivo é produzir melhorias e acrescenta as ferramentas de fáceis de aplicação e não podem gerar mudanças ou melhorias necessárias por conta própria, mas na verdade orientam os usuários.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), eles explicam que essas sete técnicas clássicas da qualidade são elaboradas para ajudar e manusear os responsáveis na tomada de decisões e assim resolver problemas para melhorar as condições. Brow et al. (2005) e apontaram



que é muito importante reconhecer que as ferramentas e tecnologias da qualidade desempenham um papel importante na qualidade estratégica.

Segundo Campos, Oliveira, Allora e Sakamoto (2006) definem as técnicas da qualidade como a causa do ataque (processo), o projeto de extinção e prevenção de problemas (impacto), e os maus resultados no processo podem ser descritos como problemas. Campos (2005), projetou ferramentas básicas de qualidade para apoiar a gestão na resolução de problemas, incluindo estratificação, tabela de verificação, Análise de Pareto, Diagrama de Ishikawa (diagrama de espinha de peixe ou diagrama de causalidade), Histograma, diagrama de difusão e diagrama de controle.

Para Carpinetti (2012) a estratificação envolve a divisão de um grupo em vários subgrupos com base em características diferentes ou hierárquicas e nesse processo de produção, vários fatores podem ser diferentes, tais como: investimentos, equipamentos, pessoal etc. O autor explica ainda que esse processo visa determinar como as mudanças em cada fator afetam o resultado do processo ou problema. Segundo Mariani (2005), a finalidade da ferramenta de estratificação é decompor os fatores em várias partes de acordo com a origem do problema.

Segundo Carpinetti (2012), é um formulário planejado para coletar dados, portanto, é uma ferramenta genérica que serve como primeiro passo no início da maioria dos controles de processo ou esforços para solução de problemas. Esses formulários de verificação são utilizados para o planejamento e a coleta de dados sendo que esta verificação é simples e organizada e geralmente, pode ser definido como a forma do item a ser pesquisado for impressa e Lobo (2013) diz que a finalidade da folha de verificação é facilitar a coleta de informações e organizar os dados simultaneamente à coleta, para que possam ser usados facilmente depois. A sua utilização facilita a coleta dos dados tanto no nível operacional como no gerencial de uma empresa no objetivo de encontrar as raízes do problema.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), o procedimento intitulado folha de verificação deve conter a demonstração que são realizadas durante o procedimento de forma simples, clara e objetiva evitando problemas recorrentes e processos corretos a serem realizados. O seu preenchimento é realizado pela equipe operacional de qualquer organização, logo ela deve ser bem entendida para que tenha um preenchimento confiável. A ferramenta permite uma rápida percepção da realidade e uma breve interpretação da situação, o que auxilia na redução de erros ou evitar que o mesmo volte a ocorrer. A padronização das informações garante maior confiabilidade no processo, criando embasamento para as ações de melhoria de processo.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012) a análise de Pareto partiu da prática do economista italiano Vilfredo Pareto. No período do século XVI, Pareto confirmava em sua pesquisa: 80% da riqueza mundial está nas mãos de 20% da população, e os dados obtidos são fornecidos de forma específica. A relação 80/20 é bem conhecida porque ocorre frequentemente ao analisar as condições operacionais diárias. Portanto essa aplicação tem a finalidade de identificar em qual dos turnos de trabalho acontece a baixa qualidade do produto produzido com mais frequência, e esse fator está diretamente ligado aos trabalhadores no certo período.

Para Juran e Gryna (2004), o princípio de Pareto determina que essa prática em alguns casos terá um impacto maior na mudança geral e outros têm menos influência e a maioria terá um pequeno impacto. Nas palavras de Carpinetti (2012) o Princípio de Pareto é apresentado no formato de gráficos com barras verticais, que fornece informações para classificar a dimensão dos obstáculos, razões e a gravidade dos tópicos gerais.

Segundo a pesquisa de Carvalho et al. (2012), o diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, foi inventado em 1943, em referência ao engenheiro japonês Kaoru Ishikawa sendo que essa ferramenta é projetada para analisar o funcionamento do processo de produção.

Corrêa e Corrêa (2012) afirmam que diagrama de Ishikawa é uma ferramenta fácil e efetiva para brainstorming (uma ferramenta para gerar ideias livremente, buscar várias opiniões e sugestões e ajudar a melhorar continuamente o processo, também conhecido como *Think Storming*) e análise de problemas. A finalidade desta ferramenta é determinar a possível causa raiz de um definido obstáculo e aplicar o

Carvalho et al. (2012) ressaltam que o gráfico tem uma estrutura semelhante a uma espinha de peixe, onde o eixo principal representa o fluxo de informações e as espinhas representam uma contribuição para cada análise. Dessa forma, a ferramenta pode visualizar a relação entre efeitos e causas devidas.

Carpinetti (2012) define o histograma como um gráfico de barras em que o eixo horizontal se subdivide em vários pequenos intervalos, mostrando o valor assumido pela variável de interesse. Portanto, uma barra vertical é construída para cada intervalo devendo ser proporcional ao número de observações.

Carvalho et al. (2012) comentam que o histograma ou gráfico de distribuição é uma representação gráfica utilizada em estatística e tem a função de descrever a frequência das mudanças do processo, podendo ser chamado de resumo gráfico com grandes quantidades de alterações de dados sendo que essa representação traz os forma fácil de visualizar e compreender os dados.

Rodrigues (2004) diz que este tipo de histograma utiliza os limites de especificação, limite superior e inferior, que são limites de tolerância que são definidos de acordo com os requisitos do cliente garantindo a consistência e a variabilidade desejada pelo mesmo ou pelo mercado.

Carvalho et al. (2012) os diagramas de dispersão são técnicas gráficas utilizadas para visualizar e analisar as relações entre duas variáveis. Este autor ainda afirma que mesmo que haja alguma dificuldade no relacionamento preciso entre as variáveis, é possível determinar uma avaliação muito próxima do real dentro do processo.

Trivelato (2010) afirma que o diagrama de causa e efeito foi elaborado em 1943 pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, de maneira a esclarecer para alguns engenheiros de uma fábrica japonesa a correlação de uma série de motivos. Carvalho et al. (2012), definem o mapa de dispersão como um composto por técnicas gráficas utilizadas para visualizar e analisar a relação entre duas variáveis. E normalmente, os gráficos são utilizados para correlacionar relações causa e efeito, entre a velocidade de corte e rugosidade da

superfície e composição do material durante a usinagem.

Carpinetti (2012) explica que existem alguns tipos de relação entre essas duas variáveis, onde uma é positiva (quando existe o aumento de uma variável e faz com que a outra aumente). A relação entre o decréscimo de outra variável e a ausência de existência (o aumento ou diminuição de uma variável nada tem a ver com o comportamento de outra variável).

Carvalho (2012) explica que o gráfico de controle foi elaborado no período de 1920, pelo Engenheiro Walter Andrew Shewhart e esta ferramenta introduz uma base quantitativa para a verificação de qualidade e marca o uso de dados estatísticos como ferramenta básica para avaliação da qualidade no nível do processo. Costa et al. (2012) ressaltam que o acompanhamento do processo deve ser um método definido para identificar as circunstâncias de origens especiais para que possam ser anuladas no futuro, e os gráficos de controle são amplamente utilizados para esse fim.

Trivellato (2010) entre os tipos de cartas de controle por variáveis apresenta as a média móvel e range para o desvio padrão. Já entre as cartas por atributos e os gráficos de controle da fração defeituosa, carta do número de defeito por unidade. Walter et al. (2013) falam que as cartas de controle são aplicadas com o objetivo de controlar o procedimento e marcar aos analisadores a imposição de apurar e regular de acordo com a proporção dos desvios descobertos.

Digrocco (2008) define as ferramentas da qualidade como procedimento aplicado no gerenciamento dos métodos e qualidade, que podem verificar fatos e informações estruturadas para tomar decisões mais corretas à situação examinada.

Paladini (2002) determinou que a finalidade das ferramentas da qualidade é orientar o processo de produção por meio de técnicas de coleta de informações e analisar estatisticamente auxiliando o processo interno no controle da qualidade dos produtos realizados.

Murray (2010) comentou que ao analisar os dados coletados no local por meio de ferramentas, é possível encontrar as inter-relações entre as variáveis que constituem o processo de manufatura, inserindo a análise de razão na ordem, consistência e redução de rejeitos para encontrar decisões adequadas.

Campos (2005) defende ainda que o procedimento examina as manifestações de descontroles, faz uma descrição detalhada da disposição e causalidade fornecida pelas ferramentas de qualidade em qualquer participante envolvido no procedimento de produção podendo assim acessar e tomar as decisões com base das ocorrências.

Juran (2007) ainda retrata que as ferramentas de qualidade, por mais simples que sejam, contanto que sejam manuseadas com habilidade e eficiência, podem colaborar para a melhoria contínua do processo e da qualidade, o que é eficaz se comparado à eficiência do uso de procedimentos corretos.

Braga (2009) considera o processo de melhoria descrito como a elaboração de um método de trabalho com a capacidade de reunir dados confiáveis para que sejam tomadas decisões com melhoria dos processos com a finalidade de buscar os benefícios da empre-

sa.

Campos (2005) defende a busca pela possibilidade do problema e sua causa podendo constituir um plano de ação de melhoria contínua, e quando esses diagnósticos são feitos pelas pessoas envolvidas no processo, é naturalmente possível reduzir ou eliminar desperdícios e custos.

De acordo com Mesquita (2001) em uma empresa a execução da melhoria contínua mudará o comportamento do seu procedimento de produção, reduzindo perdas que produzirá evidências reais dos acontecimentos no sistema de qualidade, conforme Pimentel (2009) faz uma análise dos pontos dos processos de coleta de informações, o método dos “cinco por que” pode ser utilizado para determinar a causa raiz e evitar sua recorrência por meio da melhoria contínua.

Portanto, melhoria contínua significa que todos na organização participam, contínua e sistematicamente, buscando melhorias de produtos e processos de negócios, propondo pequenas mudanças nos hábitos organizacionais e planos maiores (BESSANT; CAFFYN; GALLAGHER, 2001).

Percebe-se que as organizações se preocupam com a qualidade e renovam a sua história baseada nos seus princípios de renovação e reavaliação do processo da trajetória no mercado sendo que qualquer organização deve fazer uso das ferramentas de qualidade na busca de melhorias nos seus processos de produção

2.2 A importância das ferramentas de qualidade que apoiam a organização

O mundo globalizado tem requisitos cada vez maiores para as empresas, e o fracasso não é permitido. A competição torna-se cada vez mais acirrada, não há espaço para invenções de sucesso e não há tempo para gastar muito tempo analisando e planejando. A velocidade de determinação e tomada de decisão será a base para determinar quem sobreviverá neste universo empresarial (FUJIMOTO, 2017).

Degen (2015) explica que a concorrência é o apoio do êxito ou do fracasso da livre concorrência. As empresas com boas competitividades irão florescer e se destacar da concorrência, independentemente de seus lucros e potencial de crescimento pois essa é a forma correta das empresas se adaptarem ao microambiente.

Corrêa e Gianese (2001) também comentam que as organizações devem estar sempre atentas para descobrir os problemas em seus processos, reduzindo cada vez mais o desperdício e otimizando seus recursos. O autor cita ainda que no mundo ocidental, as pessoas começaram a perceber a função estratégica da manufatura com potencialização dos procedimentos de produção e diminuição dos gastos.

Benevides Filho e Tubino (2001) enfatizam que a multinacionalização econômica tem aperfeiçoado a concorrência por meio da procura de produtos, de maneira que as orga-



nizações necessitam estudar seus sistemas de produção e reivindicar novidade no meio organizacional do trabalho para alcançar o custo, qualidade, rapidez na entrega, confiança e agilidade de prazos.

Benevides Filho e Tubino (2001) enfatizam que a globalização econômica tem melhorado a competitividade por meio da demanda por produtos, portanto, as empresas precisam rever seus sistemas de produção e demandar novas formas de organização do trabalho para atingir custo, qualidade e velocidade de produção. confiabilidade e flexibilidade de entrega, prazos.

Considerando esses argumentos, precisa evidenciar que a aplicação das técnicas da qualidade auxiliará os gestores na identificação rápida de problemas, afirmando e analisando a eficiência, padronização de sistemas, previsão de possíveis problemas, diminuição de desperdícios e potencialização de processamento, para conservar a organização em um lugar ideal (FUJIMOTO, 2017).

A ideia de quando se trata de organizar o mundo, a competição é cada vez mais acirrada e a busca o melhor posicionamento no mercado. Para cada empresa, a diferenciação será essencial e o avanço da tecnologia e da informação tornam cada vez mais difícil para as organizações garantir seu destaque de longo prazo em relação aos concorrentes, portanto, as empresas precisam estar frequentemente atentas e em procura de um circuito correto de melhoria contínua de seus produtos, serviços e procedimentos (FUJIMOTO, 2017)

Várias mudanças tecnológicas em curso no mundo obrigam as empresas a necessitarem de métodos eficazes para melhorar seus processos produtivos e fornecer produtos com melhores condições aos seus clientes (HAMMER, 2004).

O domínio abrangente de técnicas avançadas de melhoramento e gerenciamento de métodos são fundamentais para conservar a concorrência da empresa e para a continuação do local de ambiente dos negócios (HEINECK, 2001).

O desenvolvimento na produção que uma tecnologia de produção que use o mínimo de equipamentos e mão de obra na elaboração de bens sem problemas no mínimo de tempo, reduzindo o número de unidades intermediárias e tratando como perda todos os elementos que não beneficiaram ao mercado. A qualidade, preço e prazo exige do cliente que elimine todas perdas por meio da gestão, produção, distribuição e concentração de esforços de todos os departamentos da empresa (SHINOHARA, 2006).

Fujimoto (2007) apontou que ferramenta de alta qualidade podem promover a aperfeiçoamento de métodos de várias maneiras: 5S é um processo que pode ser amplamente explorado para garantir melhores condições de trabalho e reduzir espaço, tempo e produtividade. A Análise e Método de Solução e Problema (MASP) e Análise de Modo de Falha e Efeito (FMEA) também podem apoiar o processo de eliminação de certos erros, criando métodos para reduzir e afetar as falhas existentes.

Werkema (2003) declara que a diminuição da variabilidade do processo envolve a contribuição, o processamento de dados, para que a causa raiz das mudanças possa ser identificada, analisada e identificada. Portanto, o uso de ferramentas estatísticas tem

trazido uma contribuição, o que pode efetivamente reduzir a variabilidade (WERKEMA, 2003).

Paladini (2008) determinou que o controle das operações centradas no método prioriza o processo produtivo e todos os aspectos a ele relacionados, e se o produto não atender às especificações estabelecidas, a qualidade ficará seriamente comprometida. Desta forma, o controle de processo pode prever a produção de produtos não defeituosos que atendam às especificações previamente estabelecidas, de forma que os clientes fiquem totalmente satisfeitos.

Fujimoto (2017) explica que as ferramentas da qualidade estão se tornando cada vez mais importantes nas organizações, pois são essenciais para manter os resultados e menos competitivos. Para melhorar a rentabilidade, a empresa busca (entre outros fatores) reduzir e eliminar o desperdício ao máximo, devendo analisar todos com padrões suficientes para encontrar as possíveis causas e traçar um plano de ação para esses motivos. Como resultado, essas ferramentas vão desde o mero suporte institucional até artigos vitais para a sobrevivência da empresa.

De acordo com Moller (2003) uma empresa gasta de 20 a 30% de sua receita na produção de reparo com baixa qualidade, correção de defeitos, descarte de produtos defeituosos e tratamento de reclamações. Portanto, no processo de gestão da qualidade, é muito importante adotar um método econômico para mensurar o investimento e a perda de não qualidade. Desta forma, podem ser determinados os retornos financeiros sendo alcançados através da implementação de projetos de melhoria da qualidade.

Paladini (2008) apontou que o controle de qualidade visa analisar, pesquisar e prevenir os acontecimentos de defeitos em processos e produtos, que é um meio de análise e pesquisa de atividades para prevenir atividades de controle final. Para isso, a empresa precisa investir recursos para implementar as ferramentas da qualidade em seus negócios, garantir a melhoria contínua de seus processos e produtos e reduzir desperdícios desnecessários. Segundo Ohno (2005), a eliminação de desperdícios e componentes irrelevantes para redução de custos cria a ideia básica em termos de tempo de produção e quantidade necessária.

Degen (2005) explica que existem muitas formas de apoiar essas ferramentas, como o plano 5S, que irá gerenciar melhor os recursos, reduzir o desperdício e aumentar os lucros. O método de Pareto pode ser usado para apresentar o mapeamento dos principais problemas de qualidade. Este método irá apontar quais problemas serão tratados primeiro, e guiá-lo para encontrar as possíveis causas dos problemas através das 5 causas desses problemas. Após o mapeamento e testes, é fundamental que o ciclo PDCA apareça em cena e seja responsável por realizar as ações, monitorar, verificar as ações e reiniciar os resultados se necessário para estabilizar os resultados.

Faria et al (2008) afirmam que, ao implementar um sistema de gestão da qualidade em toda a organização, o número de produtos e serviços que excedem as especificações pode ser reduzido, o retrabalho pode ser reduzido ou eliminado e a qualidade dos produtos e serviços pode ser melhorada. Portanto, seu valor reduz o número de medições e inspeções e melhora a motivação e controle dos funcionários. Portanto, por meio da gestão da qualidade, a produtividade e a satisfação do cliente podem ser aprimoradas,



aumentando sua competitividade no mercado.

Fujimoto (2017) destacou que as ferramentas da qualidade vão muito além de apoiar as organizações na eliminação de desperdícios ou na melhoria de seus processos. São aliados importantes no nível estratégico, pois permitirão o controle específico e direcionarão as metas previamente estabelecidas, o que lhes permitirá atingir os resultados almejados pela alta administração. Considerando que a gestão da qualidade visa maximizar a satisfação do cliente, otimizar processos e reduzir desperdícios, é necessário estabelecer metas determinísticas que possam ser medidas e monitoradas para que a empresa saiba que a navegação está correta.

Takashina e Flores (2010) apontam que esses indicadores são fundamentais para a organização e controle dos procedimentos empresariais, para que metas quantitativas possam ser estabelecidas e implementadas na organização, pois os resultados propostos por meio de indicadores são essenciais para análise-chave, tomada de decisão e tomada de decisão. Redesenhar o desempenho organizacional. Para gerenciar adequadamente a qualidade e a produtividade de uma organização empresarial, deve haver um sistema de medição padronizado conhecido para que cada participante possa entender o que isso significa.

Almeida (2014) afirma que as práticas de controle precisam mover em avaliação as classes de atributos de qualidade dos setores operacionais da organização e praticar de maneira a não enfraquecer a percepção de qualidade prestada aos consumidores. Os fatores que determinam as expectativas de um consumidor para um determinado produto ou serviço irão variar dependendo das necessidades do consumidor, suas necessidades pessoais e sua percepção do produto ou serviço fornecido.

Paladini (2012), diz que o controle da qualidade está unicamente relativa ao planejamento programado da empresa, pois no trato com os clientes privilegia a qualidade e coloca o serviço em primeiro lugar, o que significa transformar as suas necessidades, conveniências e preferências nos objetivos básicos da própria empresa. Que define as características básicas do plano, incluindo os indicadores do processo de avaliação.

Crosby (2001) ressalta que as necessidades dos clientes estão em constante mudança e evolução. As organizações precisam antecipar essas mudanças para ter uma vantagem competitiva. Os investimentos nessas atividades geram retornos consideráveis, mas é importante para a administração entender que os retornos mais importantes quase sempre serão gerados a médio e longo prazo.

De acordo com as observações de Kotler (2010), a qualidade pode fazer a diferença na conquista de clientes, garantindo lucros e mercados duradouros. Desta forma, a qualidade aliada aos serviços é uma ferramenta que pode verdadeiramente destacar a empresa no mercado. O autor cita ainda o serviço é qualquer ato ou desempenho que uma parte pode fornecer à outra parte, que é essencialmente intangível e não leva à propriedade de nada pois sua produção pode ou não estar associada a produtos físicos.

Fujimoto (2017) explica que o suporte da ferramenta será realizado principalmente por meio de indicadores de desempenho, sendo definidos estrategicamente pelo nível estratégico da organização, podendo ser apoiados FMEA e MASP e sempre implementados

por meio do PDCA. Além de possuir esse tipo de tecnologia de gerenciamento de crise, mapeando os principais problemas e controlando o dia a dia da organização, é também um poderoso aliado no ambicioso processo de definição de metas da empresa, abrangendo todos os níveis da organização e caminhando em uma direção.

. Para que a instituição se ajustar ao conjunto de controle da qualidade no sistema, deve ser implementado dentro da organização de forma que todos estejam integrados a eles e contribuam para a eficácia e eficiência de todo o sistema e participem ativamente da formulação do plano (ALMEIDA, 2014).

Compreende-se que a importância das ferramentas de qualidade dentro de uma organização pode auxiliar no controle das atividades de um processo, melhoria da produtividade, lucratividade e competitividade, melhores posições no mercado atuante, sendo aplicada em várias maneiras sendo na produção, produtos e serviços adequados para os clientes.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas, as indústrias têm sofrido transformações, que as obriga a mudar o comportamento e melhorar a performance de sua manufatura para se manterem competitivas. O uso das ferramentas da qualidade como apoio às instituições é de fato uma questão de sobrevivência de competições tão agressivas.

Percebe-se que as ferramentas devem ser aproveitadas e analisadas analiticamente seus processos para terem domínio sobre suas fraquezas e para que se possa buscar a melhoria contínua de seu desempenho, através a boa gestão da qualidade, sendo a chave para a melhoria da produtividade.

Quando se trata da aplicação efetiva e cotidiana da Gestão da Qualidade, muitas empresas descobrem que é muito mais difícil garantir o engajamento das pessoas do que efetivamente encontrar soluções para seus problemas. É comum encontrar uma forte resistência à mudança, sendo primordial o apoio da Alta Direção e envolvimento de todos os níveis neste propósito para que haja efetivamente uma mudança de cultura dentro das organizações

Sendo assim qualquer tipo de empresa pode se beneficiar da gestão de qualidade e da aplicação de suas ferramentas, pois fornece um vasto portfólio que não necessariamente precisam de grandes investimentos para coloca-los em pratica, portanto, esta pesquisa contribuiu para a literatura de processo de desenvolvimento da produção.

Diante do que foi apresentado, foi possível observar que as ferramentas de qualidade trazem benefícios significantes nas áreas envolvidas sendo que a habilidade de assumir responsabilidades é monitorar com mais eficiência seus resultados, a fim de estabelecer a melhoria contínua de seus processos para a organização.

Assim, a prática do engenheiro de produção na solução de um problema em uma



indústria é de extrema importância para a empresa e para a formação do acadêmico, pois proporciona uma visão crítica dos processos, desenvolve a tomada de iniciativa do estudante, além de permitir a utilização das técnicas estudadas e dos conhecimentos adquiridos na graduação, oferecendo ao profissional experiência dentro da realidade de uma organização.

Referência

- ALMEIDA, L. B. et al. **Controladoria**. In. CATELLI, A (coor.). Controladoria: uma abordagem da gestão econômica – GECON. São Paulo: Atlas, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 8402:2005**: Gestão da qualidade e garantia da qualidade - Terminologia. Rio de Janeiro, 2005. 35
- ABNT. **NBR ISO 9000** – Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000.
- ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. 2006. Disponível em: Acesso em: 01 outubro 2020
- BENEVIDES FILHO, S. A.; TUBINO, D. F. Casos de sucesso da implantação da polivalência nas indústrias Brasileiras. **Anais do XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção** – ENEGEP 2001.
- BESSANTI, R. A.; CAFLYN, P. L. O. N. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Gest. Prod.** vol.5 no 3 São Carlos Dec. 1998.
- BULGACOV, Sergio [org.]. **Manual de gestão empresarial**. 2ª. Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- BRAGA, Luís Pastorelli, **Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v.5, n.1, p. 60-64, jul.-set. 2009
- BROWN, S. et al. **Administração da produção e operações**: um enfoque estratégico na manufatura e nos serviços. 2. Ed. São Paulo: Campus/Elsevier, 2005
- CAMPOS, V.F., **Gerenciamento pelas Diretrizes**, Fundação Christiano Ottoni, Belo Horizonte, 2004
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da qualidade total**, 8ª edição, Belo Horizonte: DG, 2005
- CARVALHO, M. M. et al. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012
- CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da Qualidade ISO 9001:2008**. 2ª. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2010, 256 p.
- CROSBY, Philip B., **Qualidade sem lágrima: a arte da gerência descomplicada**, Rio de Janeiro: José Olímpio, 2012.
- CIERCO, M. A. N; VIEIRA, M. G. V; PORTO, T. S. O. **Processo decisório: considerações sobre a tomada de decisões**. Curitiba: Juruá, 2007.
- COSTA. Inesa Claudino. **Sistema de gestão da qualidade: impulsionando a melhoria nos processos de uma indústria gráfica**. 2014. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Título especialista em Engenharia de Produção)- Universidade Federal de Juiz de Fora- Juiz de Fora, 2014.
- COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CROSBY, Philip B. **ISO 9000: além da certificação**. São Paulo: Philip Crosby Associates, 2001.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**: Manufatura e serviços, uma

abordagem estratégica. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. e CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

DEGEN, P. J.. **O empreendedor: fundamentos da iniciativa empresarial.** São Paulo: MacGraw-Hill, 2005.

DEMING, W. E. , **Qualidade: a revolução da administração.** Ed Marques Saraiva, 2008.

DIGROCCO, Jesner Ricardo. **Ferramentas da Qualidade.** Administradores, São Paulo, 19, nov. 2008. Disponível em: http://www.administradores.com.br/comunidades/ferramentas_da_qualidade/395/. Acesso em: 11 de outubro de 2020.

FARIAS, A. V, et al., **Controle da qualidade total.** São Paulo: Makron Brooks, 2008.

FREIRE; Lennon de Almeida. **Aplicação de ferramentas da engenharia da qualidade em uma programação de curto prazo de uma empresa do setor siderúrgico.** 2016. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

FUJIMOTO, Daniele Yoko. **A importância das ferramentas da qualidade nas indústrias.** 45f. 2017. Monografia (Especialista em gestão estratégica e qualidade) – Universidade Candido Mendes- Rio de Janeiro, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 2008.

GALLAGHER, Gerisval. **Dicas sobre a padronização de processos.** Administradores. 2010. Disponível em: < <http://www.administradores.com.br> > Acesso em: 11 de outubro de 2020.

HAMMER, M. Reengineering Work: don't automate, obliterate. **Harvard Business Review**, v.22, n3, p.-263-272, 2004.

HEINECK, R.L. Modelos de produção enxuta destinados a viabilização de vantagens competitivas. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)**, Salvador, 2001.

JURAN, J.M. Qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. São Paulo: Cengage Learning, 2002.

JURAN, J.M.; GRZYNA, F.M. **Controle da qualidade:** métodos estatísticos clássicos aplicados a qualidade, Volume VI. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 2004.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing.** 5º ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LOBO, R. N. **Gestão da qualidade: As sete ferramentas da qualidade, Análise e solução de problemas,** Jit, Kaizen, Housekeeping, Kanban, FMEA, Reengenharia. 1 ed. São Paulo: Érica, 2013.

MARTINS, Sandra; LAUGEI, Paulo César. **Controladoria: teoria e prática.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2006

MARIANI, C. A. et al. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processo industriais: um estudo de caso. **Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MESQUITA, Álvaro G. **Controle e Garantia da Qualidade na Construção.** SINDUSCON/SP, São Paulo, 2001.

MOREIRA, Maurício. Modelos de planejamento de curto prazo para construção civil. Porto Alegre - RS, 2001.

MÖLLER, Claus (1992): **O Lado Humano da Qualidade.** São Paulo, Pioneira, 2003.

MURRAY R. Spiegel – **Probabilidade e Estatística Básica** – Coleção Schaum, 2010

OLIVEIRA, S. E.; ALLORA, V.; SAKAMOTO, F. T. C. Utilização conjunta do método UP' (Unidade de Produção -UEP') com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação: um estudo na agroindústria de abate de frango. 2006. **Custos e Agronegócio**, v. 2 - n.2 2006.

OHNO. T. **The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production.** Portland, Oregon: Productivity Press, 2005.

PALADINI, Edson Pacheco. Qualidade total na prática – implantação e avaliação de sistema de qualidade

total, 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: Teoria e prática.** 2 ed. São Paulo: Atlas S.A. 2002

PIMENTEL, R. **Identificação das causas de condenações total e parcial de carcaças de frango.** 2009. Monografia. (Graduação em Engenharia de Produção Agroindustrial) – Faculdade Estadual de Ciências e Letras de Campo Mourão, 2009.

REIS, Palmyra Farinazzo; MELHADO, Silvio Burrattino. **Análise do impacto da implantação de sistemas de gestão da qualidade nos processos de produção de pequenas e médias empresas de construção de edifícios.** Congresso latinoamericano. Tecnologia e gestão na produção de edifícios - soluções para o terceiro milênio. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Depto. de Engenharia de Construção Civil . PCC-USP, São Paulo – Brasil, 03 a 06 de novembro de 2013.

RODRIGUES, M. V. C. DE; AMORIM, T.A.A., Uma investigação da qualidade nas organizações brasileiras. **Revista Brasileira de Administração Contemporânea**, João Pessoa, v. 1, n. 9, p. 262-285, 2008.

SLACK, Nigel et. al. **Administração da produção. Edição compacta.** São Paulo: Atlas, 2008.

SHINOHARA, Yu S. **Qualidade na prática: um manual da liderança para gerências orientadas para resultados.** Tradução de Joselita VieiraWasniewski. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

TAKASHINA, Newton Tadachi & FLORES, Mario Cesar Xavier. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho.** Rio de Janeiro: Qualitymark. 2010.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de auto-peças.** 2010. 73f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade Federal de São Carlos, 2010.

VIEIRA, Adriane. **A qualidade de vida no trabalho e o controle da qualidade total.** Florianópolis: Insular, 2013.

WALTER, O. M. F. C. *et al.* **Aplicação individual e combinada dos gráficos de controle Shewhart e CUSUM: uma aplicação no setor metal mecânico.** Gest. Prod., São Carlos, v. 20, n. 2, p. 271-286, 2013.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 2003.

YUKI, Mauro Mitio. **Controle da qualidade total (TQC),** Florianópolis: fita de vídeo contendo palestra proferida para pós-graduandos da UFSC, em Engenharia de Produção.2009

CAPÍTULO 40

GESTÃO DA QUALIDADE: BENEFÍCIOS PARA A PRODUÇÃO DAS EMPRESAS

QUALITY MANAGEMENT: BENEFITS FOR COMPANIES' PRODUCTION

Felipe Soares da Silva¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Este trabalho buscou abordar o tema gestão da qualidade numa concepção ampla, compreendendo o processo de produtivo, os aspectos dos bens e serviços produzidos, e a forma como determinados instrumentos e procedimentos referentes ao gerenciamento da produtividade são aplicados. O objetivo geral definido se estruturou em compreender a dimensão da gestão qualidade no processo produtivo das organizações. O procedimento metodológico adotado para atender aos objetivos específicos deste estudo se tratou de uma revisão de literatura tendo como instrumentos de pesquisa livros, artigos, dissertações, teses, anais de eventos, nas base de dados CAPES, Google Acadêmico e SciELO, publicados entre 1994 e 2022 (nos últimos 28 anos). Como conclusão constatou-se que a relação entre a gestão da qualidade e a produtividade engloba as organizações em sua totalidade, desde o emprego de insumos ao processo de produção até a agregação de valor ao capital investido, tendo como principal preocupação a entrega do produto ou serviço ao cliente com um elevado nível de qualidade, para que assim possa atender às suas expectativas e conseqüentemente vir a ser fomentada uma relação longínqua entre ambos.

Palavras-chave: Empresas, Gestão da qualidade, Organizações, Produtividade.

Abstract

This work sought to approach the issue of quality management in a broad conception, comprising the production process, aspects of the goods and services produced, and the way in which certain instruments and procedures related to productivity management are applied. The general objective defined was structured in understanding the dimension of quality management in the productive process of organizations. The methodological procedure adopted to meet the specific objectives of this study was a literature review having as research instruments books, articles, dissertations, theses, annals of events, in the CAPES, Google Scholar and SciELO databases, published between 1994 and 2022 (within the last 28 years). As a conclusion, it was found that the relationship between quality management and productivity encompasses organizations in their entirety, from the use of inputs to the production process to the aggregation of value to the invested capital, with the main concern being the delivery of the product or customer service with a high level of quality, so that we can meet their expectations and consequently foster a long-distance relationship between them.

Keywords: Companies, Quality management, organizations, Productivity.

1. INTRODUÇÃO

Existe sucessivo foco por parte das organizações sobre a melhoria constante de sua produtividade, no intuito de obterem maior competitividade, com produtos e serviços rentáveis e que satisfaçam seus clientes. Esse aspecto, de certa forma, as obriga a aprimorarem ininterruptamente o uso de procedimentos no seu processo de produção, como a gestão da qualidade, para a obtenção de um padrão eficiente de competitividade no mercado.

Urge discorrer que gestão de qualidade é direcionada fundamentalmente como um meio para as organizações permanecerem atuantes no mercado, tendo como ponto de partida a total satisfação dos seus consumidores com o nível de sua prestação de serviços. Igualmente, efetivas mudanças de comportamentos são demandadas, tanto da organização como do seu quadro de colaboradores, para que ocorra a implantação de um modelo de gestão da qualidade, pois o aperfeiçoamento do seu processo de produção decorrerá sobretudo com o interesse e desempenho de todo o capital humano que a organização tem disponível.

O desenvolvimento deste trabalho se justificou no contexto de, cada vez mais, as organizações se depararem em uma busca instigada para serem competitivas no mercado através da distinção de seus produtos e/ou serviços, inovação, qualidade e melhoria contínua em seus processos produtivos. Além do mais, as organizações buscam comumente a oferta de produtos ou serviços que resultem em lucro, sejam úteis e atendam as expectativas do mercado e as proporcione um bom reconhecimento.

Ao processo de produção, é fundamental o uso de procedimentos e instrumentos que reconheçam os elementos que podem ser relevantes e que o afetem, seja positivamente ou negativamente. Em vista disso, tendo uma compreensão acerca da importância da gestão da qualidade, no âmbito das organizações, como uma ferramenta auxiliadora na procura por um padrão eficiente de produtividade e competitividade, este trabalho fundamentou-se em discorrer sobre a importância que a gestão qualidade tem como parâmetro para a produtividade das organizações. A partir desse contexto, buscou-se responder: a gestão da qualidade pode ser considerada um importante parâmetro na análise do nível de produtividade das empresas?

O objetivo geral definido foi compreender a dimensão da gestão qualidade no processo produtivo das organizações. Todavia, o alcance do objetivo principal requisitou como objetivos específicos: relatar os conceitos de gestão da qualidade; conhecer ferramentas de gestão da qualidade; assinalar as características da relação entre qualidade e produtividade nas organizações.

Sobre a metodologia adotada, neste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica, no qual foi efetuada consulta a livros, dissertações e artigos científicos, selecionados através de busca nas bases de dados CAPES, Google Acadêmico e SciELO. Foram selecionados materiais publicados nos últimos 28 anos (de 1994 a 2022), em língua portuguesa. As palavras-chave utilizadas na busca foram: empresas, gestão da qualidade, organizações, produtividade.



2. A GESTÃO DA QUALIDADE

2.1 A definição de qualidade

A qualidade é um fator fundamental nos processos organizacionais, despontando como significativa às demandas rotineiras pertinente a cada organização. A qualidade de um produto ou serviço mantém relação direta com a total satisfação por parte do cliente. Sobre este contexto, Oakland (1994) argumenta que a total satisfação total do cliente é o principal pilar de sustentação para que qualquer organização sobreviva no mercado cada vez mais competitivo.

No entendimento de Garvin (2002), a qualidade é uma denominação descrita por distintas formas de interpretações e, por isso, é importante uma compreensão mais precisa desta terminologia, para que esta possa admitir uma atribuição estratégica. O autor citado, seguindo esse contexto, define que a qualidade é determinada e abrangida em uma organização conforme o modo como é voltada ao processo produtivo de bens e serviços.

De certa forma, a qualidade é um ponto de vista da gestão do processo de produção e uma obrigação com a excelência ao bem ou serviço destinado ao cliente. Porém, a qualidade pode ter sua compreensão além de um método de exclusão de danos nas operações produtivas, também sendo orientada ao ambiente externo da organização, fundamentando-se, nesse sentido, no direcionamento do produto final ao consumidor (CARVALHO, 2012; PALADINI, 2019).

Outrossim, a definição entorno da qualidade se relaciona com diversificados meios, com distintos graus de acuidade. O cliente deve ter seu atendimento efetivado, avaliando-se os diversos elementos que este pondera como proeminente. Tendo como fundamento o apontamento do autor, entende-se que as organizações podem vir a ter um planejamento estratégico pouco sustentável, caso direcione seu foco excessivamente a apenas um elemento ou não ponderar algum outro (PALADINI, 2011).

A definição de qualidade referente ao processo de produção das organizações advém de um processo cíclico de evolução, vindo a ser afetada por mudanças no decorrer do fluxo do tempo para atender as tendências e as transformações nas demandas e preferências dos clientes (OAKLAND, 1994).

2.2 Concepção de Gestão da Qualidade

Para se compreender a concepção de Gestão da Qualidade, *Total Quality Managemnet* em inglês, faz-se necessária a distinção entre sua definição com a de Qualidade. A definição de Qualidade faz referência, mais precisamente, ao contentamento do cliente com o produto final, ou, mais perfeitamente, à eficácia na relação estabelecida com o cliente. Porém, a definição de Gestão da Qualidade amplia a obrigação de se ter eficácia na relação de todos os itens que estruturam o padrão da organização implantada numa conjuntura de dimensões mais amplas (PALADINI, 2019).

A Gestão da Qualidade significa um enfoque para a empresa, que constantemente busca um padrão de progresso em todos os seus métodos de produção de bens e serviços. Conforme Campos (2004a), a Gestão da Qualidade é possibilitada a partir da determinação dos elementos pertinentes ao programa de gerenciamento da qualidade. O autor explana que estes elementos são: a influência da liderança; o envolvimento dos subordinados; a qualidade do produto ou processo como excelentes; e a atenção direcionada ao consumidor.

Ademais, argumenta-se que a Gestão da Qualidade pode ser definida como uma alternativa para a efetuação de uma nova orientação ao gerenciamento da produção das empresas. Outrossim, a Gestão da Qualidade tem como elementos fundamentais: o enfoque no consumidor; a harmonia na realização do trabalho na organização em sua totalidade; a tomada de decisões fundamentadas em dados; e a constante procura por solução de problemas e por redução de falhas (PALADINI, 2011).

Frente essa conjectura, Miguel (2012) versa que a Gestão da Qualidade tem por significado a totalidade de atividades estabelecidas para coordenar e manter controle sobre a empresa no que se refere à qualidade da produção. Além do mais, a Gestão da Qualidade acaba compreendendo elementos como o planejamento e a garantia.

Tendo por base a colocação acima, entende-se que a Gestão da Qualidade demanda um ponto de vista mais extenso com relação ao empreendimento. Desse modo, reforçando a obrigação de que todos os elementos e procedimentos que constituem o processo de produção da organização sejam dotados de eficácia e eficiência em padrões acima da média (PALADINI, 2019).

Segundo Las Casas (2008), a concepção de Gestão da Qualidade não fica limitada somente ao público externo. Nas proposições do autor, a Gestão da Qualidade, além dos clientes externos, também abrange todos os que com ela interagem; em outras palavras, engloba pessoas em cargos de liderança e subordinados. Como fator pertinente a isto, tem-se que a produção de bens e serviços, como uma ação de desempenho, implica que cada pessoa que integra uma organização é vista como um cliente (LAS CASAS, 2008).

Por sua vez, Wood Jr. e Urdan (1994) indicam que o conceito de Gestão da Qualidade se molda numa visão de mercado que aspira a abrangência de todos os meios e estratégias de produção das empresas, objetivando-se a cumprir todas as exigências do seu respectivo público. Igualmente, a esse quadro também é interessante que o modelo de administração proposto pela Gestão da Qualidade possa acarretar a incorporação de aspectos próprios ao processo de produção, tendo na melhoria constante a principal delas (WOOD JR.; URDAN, 1994).

Logo, a Gestão da Qualidade é entendida como um modo agregado de busca e sustentação de um elevado padrão de qualidade do produto ou serviço destinado ao consumidor. Tem o objetivo exceder as perspectivas do seu público-alvo, com a atenção voltada a evitar de falhas e contínua melhoria dos processos da organização em todos os graus. A Gestão da Qualidade, sendo ponderada como uma variável crítica à dinâmica da competitividade no mercado, exige a utilização de ferramentas para que acarrete expressivos resultados (PALADINI, 2019).



3. FERRAMENTAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

As organizações que não mostrarem-se conhecedoras das exigências impostas pela competitividade do mercado depararam-se com dificuldades para ofertar seus produtos e serviços. Assim, as organizações veem como uma fundamental necessidade atender as exigências dos seus consumidores no que diz respeito principalmente à qualidade. Nesse ínterim, é necessária, dessa forma, a utilização de instrumentos de gerenciamento de qualidade (VITÓRIO; ANTÔNIO, 2020).

O aprimoramento dos processos de produção se faz imprescindivelmente formidável para as organizações e deve ser consecutivamente uma de suas principais metas. Ademais, a competência produtiva pode ser obtida por meio do estabelecimento de programas e metodologias que podem contribuir com a instrução e comando dos processos, podendo, assim sendo, desenvolver um hábito voltado à procura pelo avanço sucessivo (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A Qualidade exerce efeitos sobre todas as atribuições no âmbito das organizações, assim como também é afetada pelos impactos das mesmas, podendo assim ser distinguida como um elemento sistemático, que demanda uma metodologia para seu funcionamento (VITÓRIO; ANTÔNIO, 2020).

Nesse contexto, as ferramentas de Gestão da Qualidade são conceituadas como uma totalidade de meios e normas, postas em prática de modo adequado, objetivados a nor-tear cada parte específica de uma organização a efetuar de forma exata determinado trabalho. Todo este conjunto de procedimento se mostra em alinhamento com os propósitos da organização (MARQUES, 2006).

Acerca do aperfeiçoamento dos processos de produção, é importante destacar que as ferramentas de Gestão da Qualidade têm como principal desígnio o de assistir e fundamentar a administração quando for tomar decisões para a solução de problemas ou para apenas melhorar cenários. Logo, as organizações devem compreender que é importante estarem cientes que as ferramentas da Gestão da Qualidade cumprem uma atribuição de significativo valor no que se refere principalmente à qualidade estratégica (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Uma vez que a finalidade essencial das ferramentas de Gestão da Qualidade é o estabelecimento de elevado nível de qualidade, assim como a capacidade de produzir, também é necessário que, em sua execução, as pessoas se encontrem em estado de motivação. Esses procedimentos de Qualidade representam um desafio que exige específico nível de empenho. Dessa forma, combina a execução das atividades relativas às ferramentas com o comportamento apropriado dos colaboradores e gestores em todas as tarefas da organização (MARQUES, 2006).

De acordo com Daniel e Muraback (2014), é por meio da implementação das ferramentas de Gestão da Qualidade que o controle dos procedimentos de produção das organizações pode ser acompanhado e aprimorado continuamente. Por meio desta implementação, obtém-se resultados, internos e externos, no tocante aos produtos e serviços destinados aos consumidores. Os autores complementam a arguição ressaltando que, se tratando de ambiente interno, a tendência é que ocorra uma redução do índice de retra-

balho, redução de despesas, melhor utilização do tempo e dos insumos.

Tais ferramentas, ao passo que avaliam a execução dos processos de produção, também servem de suporte na identificação de problemas e na formulação de soluções. De tal modo, o uso das mesmas significa uma forma de mapear as principais dificuldades na produção, como também seu alcance e forma para solucioná-las. Além da identificação e resolução de problemas e de falhas, também colaboram na previsão de possíveis entraves que possam decorrer (NADAE; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2009).

Para mais, as ferramentas de Gestão da Qualidade podem ser assimiladas como a adoção de procedimentos que discernem e que aprimoram o grau de qualidade dos processos e, por conseguinte, dos bens e serviços produzidos pelas organizações. As organizações as empregam com o desígnio de diagnosticar, avaliar e indicar respostas para obstáculos que podem causar interferência nos resultados que conseguem alcançar (RODRIGUES, 2010).

Em outras palavras, para que para que uma organização seja detentora de qualidade em seus processos de produção, foram formuladas ferramentas que proporcionam praticidade no emprego das concepções de Gestão da Qualidade. Estas ferramentas também têm por finalidade associar e expor informações de modo simplificado e organizado, assim como solucionar problemas relacionados ao andamento do processo de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Logo abaixo, são abordadas algumas ferramentas de Gestão da Qualidade, obedecendo as limitações deste trabalho.

3.1 Programa 5S

Esta ferramenta trata-se de um programa com a finalidade de pôr em execução a modificação da forma das pessoas se comportarem no ambiente das organizações, possibilitando significativa reestruturação do processo de produção. Seu cumprimento se dá por meio da exclusão de insumos sem utilização, da identificação de equipamentos e da contínua redução e eliminação de desperdício ambiente de trabalho. Outrossim, este programa tem como essência a composição de um ambiente que faculte e sustente o bem-estar dos colaboradores e da organização (MESSA; CAMPANI; OLIVEIRA, 2018).

Esta ferramenta procura o compromisso e a efetiva participação do colaborador – por meio da utilização, ordem, limpeza, saúde e disciplina – referente a elementos fundamentais que implicam em exigências à implantação de um processo de aprimoramento da produção. O estabelecimento do Programa 5s deve ser precedido sobretudo de sensibilização e discernimento da precisão de seguir e aceitar novos valores e, por conseguinte, novas atitudes na organização, especialmente acerca dos fatores priorizados pelo programa 5S (RODRIGUES, 2010).

A designação 5S deriva das iniciais dos termos japoneses *Seiri* (senso de utilização), *Seiton* (senso de ordem), *Seiso* (senso de limpeza), *Seiktsu* (senso de saúde) e *Shitsuke* (senso de disciplina), que obedecem ao encadeamento perfeito ao estabelecimento do

progresso consecutivo em uma organização. Diversas empresas fazem o uso do programa 5s de modo separado. Todavia, este programa deve ser integrante de um método mais amplo, que abranja a modificação do desempenho de todos envolvidos na produção da empresa (MESSA; CAMPANI; OLIVEIRA, 2018).

3.2 Kaizen

O *Kaizen* tem sua concepção voltada à solução dos problemas e dos obstáculos do processo de produção. Esta ferramenta tem por finalidade suprimir e impedir a ocorrência de perdas nos no processo produtivo já em andamento ou ainda na etapa de planejamento, manutenção de máquinas e aparelhamentos, além dos assuntos gerenciais, buscando aperfeiçoar os processos e diminuir burocracias (IMAI, 1994).

O emprego do *Kaizen* decorre em várias etapas, e, conforme Almeida e Loss (2020), sua ação advém desde a assimilação da dificuldade até a sua resolução por meio de instrumentos de aprimoramento ininterrupto. Ao se atingir o resultado previsto, o problema trabalhado pela ferramenta *Kaizen* deve ser padronizado para que toda a organização siga o mesmo procedimento.

3.3 PDCA e SDCA

Segundo o raciocínio de Rodrigues (2010), o Ciclo PDCA é um procedimento administrativo que deve ser aplicado no planejamento e locação de procedimentos, de avanços e de alinhamento em processos já em andamento. O Ciclo PDCA é composto em quatro estágios, que são: *Plan* (Planejar); *Do* (Executar); *Check* (Verificar) e; *Action* (Atuar Corretivamente).

Compete mencionar que posterior à terminação do ciclo PDCA, é fundamental a uniformização dos avanços acertados. Esse processo é admissível por meio da utilização do ciclo SDCA, este que tem seus estágios semelhantes ao PDCA, contudo, direcionados à conservação das normas e processos já obtidos na resolução de dificuldades através deste segundo (CAMPOS, 2004b).

3.4 Brainstorming

Esta ferramenta visa assistir um certo número de indivíduos e, em um curto espaço de tempo, ocasionar o máximo de ideias possíveis, assim, permitindo soluções inovadoras às diversas dificuldades pertinentes a empresa. Conforme Maiczuk e Andrade Júnior (2013), todos integrantes da organização podem fazer uso do *Brainstorming*, uma vez que esta ferramenta se refere a um instrumento de simplificado emprego. Entretanto, as normas para o aproveitamento do mesmo precisam ser acompanhadas, e deve uma pessoa ser responsável pela administração do procedimento.

Além do mais, o *Brainstorming* tem como objetivo a obtenção do máximo de percepções possíveis com a atenção orientada ao problema em questão. Como argumenta Rodrigues (2010), neste momento, é sugerido que não aconteça nenhuma análise, pois o emprego correto desta ferramenta deriva da aptidão do grupo em explicar suas ideias propostas. Apesar disso, é indispensável que o organizador esteja apto a estruturar uma associação das ideias propostas para usufruir do que, de fato, pode ser empregado.

3.5 Seis Sigmas

A utilização do método Seis Sigmas foi criada pela empresa Motorola, durante os anos de 1980, com a finalidade de intensificar o grau de qualidade de seus produtos e serviços. Essencialmente, refere-se ao uso de um procedimento que procura introduzir vantagens aos processos de produção e aos seus respectivos produtos e serviços por meio do emprego de instrumentos estatísticos (CARVALHO; ROTONDARO, 2012).

Em conformidade com Rodrigues (2010), o método Seis Sigmas trata-se de um procedimento que procura o incremento de contínuos avanços na produtividade através do uso de técnicas e instrumentos estatísticos. O modelo Seis Sigmas, ainda na concepção do autor, estabelece que um processo pode ser considerado como de qualidade na situação em que não causar mais de 3,4 de distorções por milhão de oportunidades.

Já Carvalho e Rotondaro (2012) ressaltam que as organizações que fazem o uso do Seis Sigmas, diferente de outros métodos, divulgam ganhos milionários atingidos com a sua execução. Os autores também acrescentam que os resultados satisfatórios obtidos com este método não se resumem apenas pelo emprego de ferramentas estatísticas, também podem ser explicados pela sintonia entre a integração da gestão dos processos e as suas diretrizes, mantendo foco tanto em resultados internos como em externos da organização.

3.6 Plano de Ação (5W2H)

O Plano de Ação (5W2H) diz respeito a um *checklist* das atividades da organização, uma vez que é formidável na preparação e idealização das atuações que serão incrementadas pela mesma da forma mais nítida. Esta ferramenta pode ter seu uso no estágio de averiguação de dificuldades ou métodos, visando aumento da credibilidade de informações ou até da procura pelo ponto de partida do defeito. Ademais, torna possível a estruturação de um plano de ação para a solução da dificuldade existente e a standardização dos artifícios a serem realizados para impedir posteriores problemas (LISBÔA; GODOY, 2012).

A sigla 5W2H envolve cinco questões, que são: *what* (o que); *when* (quando); *where* (onde); *why* (por que); *who* (quem); *how* (como); *how much* (quanto). O 5W2H se mostra como relevantemente aproveitável para as organizações, uma vez que, além de impedir desacertos pelo não conhecimento de parte das ações a serem efetuadas, ele extingue



por completo possíveis incertezas referente ao cumprimento do processo. Assim, permite um aumento da celeridade e eficácia no aperfeiçoamento das atividades (MACHADO; VIEGAS, 2012).

As ferramentas supracitadas foram estabelecidos para assistirem as empresas na coordenação, no planejamento e no desenvolvimento de processos de Qualidade, para obterem um grau de produção convincente. Por meio destes procedimentos, as organizações empenham-se para sustentar uma melhor aprovação no mercado, alcançando diferenciais competitivos com relação aos seus concorrentes. Compreende-se que as áreas de uma organização, em harmonia e com atenção ao controle da produção, despontam como fatores fundamentais para a sustentação de um modelo de atendimento a determinadas especificações (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

4. A QUALIDADE E A PRODUTIVIDADE NAS EMPRESAS

O desempenho das empresas no cenário globalizado mantém significativa reação com os seus aspectos de competitividade. O mercado contemporâneo busca a oferta de produtos com níveis satisfatórios de qualidade, a critério do consumidor fazer sua escolha. As empresas, nesse sentido, necessitam de um processo de produção eficiente, o que caracteriza como eficaz o controle de sua produtividade, ou seja, um fator determinante para competirem com estimados níveis de qualidade de seus produtos no mercado (CARNEIRO, 2020).

Torna-se plausível mensurar que um dos elementos de maior importância para o atingimento de um patamar de mais competitividade por parte das organizações implica nas estratégias de aprimoramento da produtividade. Assim sendo, a propagação destas estratégias, de forma abrangente, resulta no fomento da produtividade das organizações (PALADINI, 2011).

Como resultado desse aprimoramento difundido do processo de produção, a produtividade acaba ocasionando à empresa, além da melhoria em sua qualidade, a elevação de suas receitas e de seus lucros. Mesmo assim, para que este cenário se torne possível, todas as atividades da organização devem procurar o constante aprimoramento, assim como a inovação, na qual a sistematização e seu alcance provoquem um esforço em coletividade para que os resultados de toda a organização sejam satisfatórios (FERNANDES; SILVA, 2012).

4.1 A definição de produtividade

A produtividade é distinguida como uma avaliação da eficiência do processo de produção. É normal a percepção de que o processo de produção de uma organização se limita ao seu método produtivo. É relevante mencionar que esse tipo de percepção não abrange o fato de que esse processo representa apenas um dos estágios do processo de produção (PALADINI, 2011).

Convém frisar que além da produção, o processo produtivo abrange mais duas fases: uma referente à aquisição de bens e serviços intermediários de outros setores do processo produtivo; a outra, concernente à saída dos bens e serviços que a organização consegue proporcionar como resultado da produção. Outrossim, ressalta-se a existência da necessidade de que todos os abrangidos no processo produtivo sejam cientes das efetivas finalidades da organização e de todo o acompanhamento necessário para atingi-las (SANTOS, 2017).

Posto isto, a produtividade pode ser conceituada como a competência de produzir, tendo como ponto de partida determinada quantidade de meios, ou ainda a condição em que se situa o nível de produção da organização. A produtividade pode ser ponderada de distintos modos, referente a essa mensuração, pode-se agregar medidas físicas ou monetárias, assim como decorrências absolutas ou relativas. É fundamental, assim, que se estabeleça de modo nítido a obrigação de seguir o direcionamento da produtividade em algum momento e o custo-benefício de se executá-lo (CONTADOR, 2010).

A definição de produtividade, como cita King (2007), foi principiada e teve seu aperfeiçoamento no âmbito das organizações para servir de auxílio, mensuração e aprimoramento de seus resultados. A produtividade, a princípio, era avaliada através da relação entre o rendimento da produção e o quantitativo de colaboradores. O autor também menciona que, no decorrer do tempo, outros meios para se medir a produtividade foram surgindo, como, por exemplo, o uso da energia, os insumos, entre outros.

Acerca da concepção de produtividade, também é interessante apontar que a sua ponderação se constitui no sentido de medir a eficácia em que o processo de produção de uma organização consegue atender às expectativas dos consumidores. Em consonância com Campos (2004b), é possível reproduzir a produtividade como o resultado entre o que é produzido pela empresa (*output*) e o que a mesma emprega (*input*)

Por conseguinte, a eficiência com que as entradas (*input*), ou o que as organizações consomem, são processadas em produtos ou serviços finais mostra-se uma medida da produtividade. Isto é, a produtividade representa a medição da eficiência da relação entre as entradas (*input*) e saídas (*output*). Nota-se, nesse íterim, que a terminologia entradas (*input*) trata-se dos fatores de produção utilizados (matérias-primas, mão de obra, equipamentos, entre outros recursos) e as saídas (*output*) referem-se aos resultados alcançados com o emprego destes fatores de produção (SLACK; JOHNSTON; CHAMBERS, 2009).

Em coadunação, Arruda e Gomes (2014) conferem destaque à concepção contemporânea que estrutura a produtividade nas organizações, observando que deve-se avaliá-la de modo abrangente. Assim dizendo, nas proposições dos autores a produtividade, cada vez mais, vem tendo o seu sentido ligado aos esforços para adequar eficácia ao capital humano, assim como colocá-lo em conformidade com o ambiente.

À vista disso, a produtividade é distinguida como a convergência entre eficácia e eficiência, o que significa realizar a produção corretamente num intervalo de tempo certo. Deduz-se, dessa maneira, que a concepção de produtividade não se limita apenas no alcance do mais alto grau de eficácia e de eficiência, é preciso a compreensão dos fatores que são determinantes para a melhoria da produtividade de uma organização (FERNANDES; SILVA, 2012).



Outra definição corrobora que a produtividade também pode ser entendida pelo ponto de vista monetário. Para Campos (2004b), nesta ocasião, a produtividade é definida como o resultado da divisão entre o faturamento obtido pela organização e as despesas necessárias para produzir tal faturamento. Nesse sentido, a produtividade, além de abranger os fatores de produção, insere o consumidor como um fator categórico. Ou seja, caso o consumidor não compre, mesmo a organização tendo uma produção eficiente, a sua produtividade apresentará queda ao mesmo passo que o seu faturamento cair.

Ainda sobre a concepção de produtividade vista sob distintos aspectos, é relevante apontar que, ponderando-se a definição de produtividade quando relacionada à dinâmica do processo de produção, a sua mensuração é efetuada particularmente através de indicadores de procedência operacional. Este método de avaliação da produtividade é de aguda importância, contudo, apresenta fundamentais limitações ao processo de produção (SANTOS, 2017).

Cabe frisar, nesse panorama, que este tipo de análise pode ser satisfatória para se avaliar aquilo que representa um obstáculo à eficiência do processo de produção da organização, incluindo o que alude a características referentes à deficiência de qualidade em procedimentos externos à produção (PALADINI, 2019).

Logo, a produtividade é essencialmente distinguida como a razão entre os resultados alcançados e os recursos utilizados. Ao admitir que à Gestão da Produtividade a ponderação e estimativa, há uma sequência de tarefas a serem executadas para coordenar as organizações na escolha de um padrão de gerenciamento. Além do mais, esse padrão deve seguir a concepção de Qualidade para que seja adequado, comprometendo assim a organização na procura de resultados mais satisfatórios e que permaneçam em conformidade com o seu planejamento estratégico (FERNANDES; SILVA, 2012).

4.2 A qualidade e a produtividade

A gestão do processo de produção é afetada por relevantes mudanças ocasionadas pelo ininterrupto desenvolvimento da tecnologia e a obrigação de se produzir cada vez mais em menor tempo e em um nível de qualidade maior. Com esse quadro, as organizações se veem com a precisão de aperfeiçoar continuamente o grau de qualidade dos seus métodos de produção e, de forma conseqüente, os patamares de sua produtividade (CARPINETTI, 2016).

Esse cenário acarreta às organizações a obrigação da procura por melhorias constantes dos seus respectivos sistemas de gerenciamento de produção, objetivando-se a obedecer e a superar as expectativas do público consumidor. Além do mais, isto tem implicação direta na noção mais aprofundada dos desígnios da organização e, principalmente, uma percepção completa de fatores como a qualidade e a produtividade que a compõem (SANTOS, 2017).

Em vista disso, a Gestão da Qualidade e a produtividade são vistas como fatores fundamentais para o nível de competitividade de uma organização. Estas variáveis invariavelmente têm a atenção das esferas produtivas, seja em maior ou menor extensão em

distintos ambientes (PALADINI, 2019).

Ao se apreciar a questão da qualidade, também se pondera a produtividade da organização. Sobre estes dois fatores, argumenta-se ainda a existência de uma correlação propícia entre qualidade e produtividade. Isso denota que menos desperdício de esforços e insumos representa mais tempo designado à produção de bens que sejam aceitáveis pelos clientes (PIERRE FILHO, 2001).

Para Garvin (2002), em certas situações, as organizações fazem o emprego de uma correlação proveitosa entre qualidade e produtividade, de modo geral, expressa nos limites mais simplificados. Ainda conforme o autor, este ponto de vista restrito da relação entre estes dois fatores não consegue explicar esta associação de forma ampla. O raciocínio do autor destaca que se a produtividade exprime a relação entre produto e insumo, e a qualidade for avaliada como um percentual de produção sem nenhum tipo de falha, qualquer aperfeiçoamento desta segunda tem que ser manifestado diretamente como aumento da produção da organização.

Por outro lado, o aumento da produtividade de uma organização demanda a associação do nível elevado de satisfação das necessidades dos clientes com o menor custo para se produzir. Assinala-se, deste modo, que à organização não basta somente incremento na quantidade produzida; é preciso que o produto tenha qualidade para atender às expectativas do público-alvo. Destarte, compreende-se que esta correlação corrobora que a produtividade é elevada por meio da melhoria da qualidade (CAMPOS, 2004b).

Todavia, há a possibilidade de que, em algumas ocasiões, a qualidade e a produtividade não resultem numa correlação positiva. Segundo Garvin (2002), em situações em que são instituídos métodos de qualidade, podem aparecer desordens como: interrupções na linha de produção; esforços para ações corretivas; conferências para instituir novos modos de operação e tempo designado à capacitação e aperfeiçoamento de aptidões. Logo, os impactos destas ações tendem a ser uma provável diminuição do andamento da produtividade.

Além do mais, outra forma de se abordar esta correlação é apontar a relevância da utilização dos instrumentos de Gestão da Qualidade. O uso destas ferramentas pode se tornar um significativo estimulador da produtividade, por meio da produção de bens e prestação de serviços sem falhas, sem reparos, e, por consequência, com diminuição das despesas empregadas no processo de produção. Também torna-se possível a produção de uma maior variedade de produtos e um monitoramento mais eficiente das operações logísticas (SANTOS, 2017).

Os efeitos da correlação entre Gestão da Qualidade e produtividade afetam o nível de competitividade das organizações devido diversos fatores. Conforme Coltro (1996), dentre estes fatores, tem-se: o diferencial por ofertar mercadorias de maior confiabilidade, sem falhas e que atingem ao cliente de um modo mais breve; o monitoramento e a melhoria da produtividade por meio da utilização de indicadores de performance do grau de qualidade; a questão do nível de confiança e flexibilidade e a execução dos prazos estabelecidos; a atenção direcionada efetivamente à satisfação dos clientes; e também a equiparação de valores entre o planejamento da organização com as estratégias de produção estabelecidas.

Em síntese, pode-se assinalar que a relação entre qualidade e produtividade deve ser vista como uma medida fundamental ao funcionamento de uma organização. Nesse ínterim, a Gestão da Qualidade torna possível a administração de todos os meios empregados na organização, assim como a interação entre todos que integram o seu processo de produção (LAURINTINO *et al.*, 2019).

O contexto referido acima decorre através da implantação de métodos direcionados ao crescimento da produtividade e da competitividade da organização, particularmente no tocante ao aprimoramento dos seus produtos e processos. Por consequência, a Gestão da Qualidade, em correlação com a produtividade, se objetiva a tornar eficientes os processos produtivos (PALADINI, 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, relatou-se que a Gestão da Qualidade tem uma definição significativa para as organizações, podendo ser avaliada como uma filosofia de trabalho. As organizações, através da Gestão da Qualidade, têm como foco principal o atendimento satisfatório às necessidades dos seus clientes, assim como o das suas expectativas acerca do nível de excelência do bem ou serviço produzido. Ademais, notou-se que a Gestão da Qualidade torna possível uma maior dinâmica de cooperação entre todas as pessoas que compõem a estrutura de uma empresa.

Uniformemente, conheceu-se importantes ferramentas de Gestão da Qualidade pertinentes às obrigações das organizações, uma vez que não há a predominância de um procedimento que se amolde impecavelmente ao contexto vivenciado no processo produtivo das mesmas. As organizações, na constante procura pelo nível de qualidade adequado de produtos e serviços, passam a fazer o uso de diferentes recursos, como tais ferramentas com o desígnio de determinar e avaliar meios para solucionar empecilhos que causem interferência na execução apropriada do processo produtivo.

Acerca da relação entre a produtividade e o grau de qualidade, assinalou-se que a primeira se relaciona não somente com o processo de produtivo, mas abrange as atividades da organização por completo, gradativamente desde a entrada de elementos necessários para se produzir até a cooptação de valor e a entrega do produto ao consumidor final. A produtividade, como abordado, compreende pontos como: o atendimento ao consumidor; o capital humano, financeiro e tecnológico; o delineamento estratégico, ou seja, a organização em sua totalidade, observando-se ainda a existência da precisão da admissão de procedimentos de gestão da qualidade em todos os estágios da produtividade.

Sugere-se que posteriores trabalhos abordem a importância da gestão da qualidade para as empresas, tendo um enfoque multivariado, levando em conta fatores que impactam nos seus resultados e no *feedback* dos clientes, como grau de eficiência dos insumos, tecnologias empregadas, ações de *marketing*, gestão de pessoas, logística. Isto, com a finalidade de se assimilar o nível de impacto que a Gestão da Qualidade ocasiona ao processo produtivo das organizações.

Referências

- ALMEIDA, Renan Torquato; LOSS, Mauricio Johnny. Utilização da ferramenta Kaizen em uma indústria de alimentos e seus ganhos. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, nº 1, p. 23- 41, 2020. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/2188>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- ARRUDA, Henrique José; GOMES, Kelly Cristina Alves Lino. Qualidade e produtividade: um estudo de caso na empresa sonergia. **E-FACEQ: revista dos discentes da Faculdade Eça de Queirós**, ano 3, n. 3, maio de 2014. Disponível em: http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170427174810.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.
- CAMPOS, Vicente Falconi. Qualidade total: padronização de empresas. Nova Lima: Indg Tecnologia e Serviços Ltda., 2004a.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total no estilo japonês**. 8. ed. Nova Lima: Editora Falconi, 2004b.
- CARNEIRO, Eduardo Mazini. A Importância da Gestão da Qualidade e de suas ferramentas na atuação da Engenharia de Produção: uma revisão bibliográfica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 10., 2020. **Anais eletrônicos [...]**. 2020. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09262020_180932_5f6fb7e4ed48e.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.
- CARPINETTI, Luiz César Ribeiro. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CARVALHO, Marly Monteiro. Histórico da Gestão da Qualidade. In: CARVALHO, Marly Monteiro; PALADINI, Edson P. (coord). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CARVALHO, Marly Monteiro; ROTONDARO, Roberto Gilioli. Modelo Seis Sigmas. In: CARVALHO, Marly Monteiro; PALADINI, Edson Pacheco (Coords). **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Campus, 2012.
- COLTRO, Alex. A gestão da qualidade total e suas influências na competitividade empresarial. **Cadernos de Pesquisa em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 1-7, 1996. Disponível em: <https://silo.tips/download/a-gestao-da-qualidade-total-e-suas-influencias-na-competitividade-empresarial>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- CONTADOR, Jose Celso. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa – produção industrial, construção civil, competitividade, mercado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.
- DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade. **Gestão & Conhecimento - Revista de Administração / PUC Minas, Poços de Caldas**, n. 14, 2014. Disponível em: https://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/v2014/Artigo16_2014.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.
- FERNANDES, Thaís Bianca; SILVA, Osvaldo José da. Gestão da qualidade e da produtividade. **Revista Terceiro Setor**, v. 6, n. 1, p. 58-68, 2012. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/3setor/article/view/1906>. Acesso em: 19 abr. 2022.
- GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- IMAI, Masaaki. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- KING, Ney Cesar de Oliveira. **Desenvolvimento de um processo para análise da Produtividade Sistêmica**. Curitiba: PUC-PR, 2007.
- LAS CASAS, Alexandre Luzzi. Qualidade total em serviços: conceitos, exercícios, casos práticos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LAURINTINO, Thaíris Karoline Silva *et al.* Ferramenta da gestão da qualidade total: estudo de caso em uma indústria de laticínio. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 5, n. 8, p. 12033-12072, ago. 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2778/2754>. Acesso em: 18 mar. 2022.

LISBÔA, Maria da Graça Portela; GODOY, Leoni Pentiado. Aplicação do método 5W2H no processo produtivo do produto: a joia. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, p. 32-47, 2012. Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1585>. Acesso em: 19 abr. 2022.

MACHADO, Bruna Siqueira Bernardo; VIEGAS, Marcelo Caldeira. Estudo de Caso: As Ferramentas da Qualidade utilizadas no laboratório de análises clínicas de um hospital para a otimização de processos. **UNOPAR Cient., Ciênc. Juríd. Empres.**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-80, mar., 2012. Disponível em: <https://revistajuridicas.pgsskroton.com.br/article/download/825/791>. Acesso em: 19 abr. 2022.

MAICZUK Jonas, ANDRADE JÚNIOR, Pedro Paulo. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualit@s**, v. 14, n. 1, p. 1-14, 2013. Disponível em: <http://arquivo.revista.uepb.edu.br/index.php/qualitas/article/view/1599/924>. Acesso em: 19 abr. 2022.

MARQUES, Artur Pantoja. **Proposta de um programa de gestão da qualidade para uma empresa genérica de posicionamento com GPS**. 2006. 208p. Tese (Doutorado em engenharia de transportes) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2006. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18137/tde-10022009-124605/publico/Artur_Tese.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.

MESSA, João Antônio da Costa; CAMPANI, Pedro Brandão; OLIVEIRA, Alexandre Silva. Benefícios provenientes da implementação do programa 5s em empresas nacionais. **Produção em Foco**, v. 8, n. 2, p. 276-293, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327708318_Beneficios_provenientes_da_implementacao_do_programa_5s_em_empresas_nacionais. Acesso em: 19 abr. 2022.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Gestão da Qualidade Total e Modelos de Excelência em Desempenho organizacional. In: CARVALHO, Marly Monteiro; PALADINI, Edson P. (coord). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

NADAE, Jeniffer; OLIVEIRA, José Augusto; OLIVEIRA, Otávio José. Um estudo sobre a adoção dos programas e ferramentas da qualidade em empresas com certificação ISO 9001: estudos de casos múltiplos. **Revista GEPROS**, ano 4, n. 4, p. 93-114, 2009. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/852>. Acesso em: 19 abr. 2022.

OAKLAND, John S. Gerenciamento da qualidade total. São Paulo: Nobel, 1994.

OLIVEIRA, José Augusto *et al.* Um estudo sobre a utilização de sistemas, programas e ferramentas da qualidade em empresas do interior de São Paulo. **Produção**, p. 708-723, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/FZnGc9F8sDG8Bj6rJb9rPmp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 abr. 2022.

PALADINI, Edson Pacheco. **Avaliação Estratégica da Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PIERRE FILHO, Mário de Queiroz. **A gestão pela qualidade total como estratégia de produtividade: o caso da concessionária Volkswagen "Solimões veículos" da cidade de Manaus**. 2001. 272p. Dissertação (Mestrado Executivo) - Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/3904>. Acesso em: 19 abr. 2022.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

SANTOS, Patrícia Fonseca. **Estudo da Gestão da Qualidade Total e sua influência na produtividade industrial**. 2017. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eng. de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23233>. Acesso em: 19 abr. 2022.

SLACK, Nigel; JOHNSTON, Robert; CHAMBERS, Stuart. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VITÓRIO, Rafael Aparecido Ferreira; ANTÔNIO, Fabricio Domingues. Ferramentas da qualidade e suas aplicações na solução de problemas: estudo de caso em uma empresa do ramo automotivo. **Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 746-758, 2020. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/download/817/511/3471>. Acesso em: 18 abr. 2022.

WOOD JR, Tomaz; URDAN, Flávio Torres. Gerenciamento da qualidade total: uma revisão crítica. **Revista de Administração de Empresas**, v. 34, n. 6, p. 46-59, 1994. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/view/38369>. Acesso em: 20 mar. 2022.

CAPÍTULO 41

A LOGÍSTICA NA ERA DA TECNOLOGIA E SUA IMPORTÂNCIA NA COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS

*LOGISTICS IN THE AGE OF TECHNOLOGY AND ITS IMPORTANCE IN
COMPANY COMPETITIVENESS*

Luís Fernando Ponte Vasconcelos¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Manter um centro de distribuição é uma maneira de aperfeiçoar as operações logísticas e elevar o nível do serviço oferecido, sobretudo diante das instabilidades de mercado. Nesse contexto, as aplicações de sistemas de gestão da qualidade tornam-se necessários para auxiliar na manutenção e na qualidade destes processos. Por esse motivo, o presente estudo evidencia a importância da tecnologia nos processos logísticos na era atual de uma empresa/indústria. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo. Foi realizada pesquisa através de materiais já publicado na área da engenharia de produção referente ao tema abordado, os dados foram extraídos de materiais das revistas eletrônicas, além de livros de bibliotecas universitárias no idioma nacional e no período 2000 a 2019. Ressalta-se a importância do alinhamento estratégicos da empresa, visando o processo de melhoria, arranjo das atividades existentes e investimentos em TI, integrando necessidades e capacidade de inovar, por meios das tecnologias disponíveis no mercado.

Palavras-chave: Logística, Tecnologia, Logística 4.0, Qualidade, Distribuição Física.

Abstract

Maintaining a distribution center is a way of improving logistics operations and raising the level of service offered, especially in the face of market instabilities. In this context, applications of quality management systems become necessary to assist in the maintenance and quality of these processes. For this reason, the present study highlights the importance of technology in logistics processes in the current era of a company/industry. This is a literature review using a qualitative and descriptive method. Research was carried out through materials already published in the area of production engineering regarding the topic addressed, the data were extracted from materials from electronic journals, in addition to books from university libraries in the national language and in the period 2000 to 2019. the strategic alignment of the company, aiming at the improvement process, arrangement of existing activities and investments in IT, integrating needs and capacity to innovate, through the technologies available in the market.

Keywords: Logistics, Technology, Logistics 4.0, Quality, Physical Distribution.

1. INTRODUÇÃO

Com a competição de mercado cada vez mais acirrada e as necessidades cada vez mais complexas dos clientes, as empresas estão em busca de tecnologias para melhorar a competitividade e as capacidades de inovação. A aplicação da tecnologia da informação (TI) vem se desenvolvendo dentro da organização, cabendo ao suporte básico de gestão um papel estratégico. Esta nova função estratégica de TI foi alargada à empresa, desde o apoio à tomada de decisões, até ao desenvolvimento com integração de processos e máquinas.

A logística não é mais considerada operacional pois tornou-se uma abordagem estratégica que inspirou ainda mais o interesse da organização neste assunto. Isto é porque as consequências e complexidade da econômica moderna, com o rápido desenvolvimento da tecnologia da informação e preenchendo a lacuna entre as necessidades dos produtos e serviços que trazem desafios para a organização de negócios e requerem reposicionamento constante.

Diante desse contexto, justifica-se que a realização deste trabalho tem como o intuito de fazer uma análise dos processos logísticos na era atual ligados aos avanços tecnológicos, como automatização e sistematização para otimização dos processos. Onde o gerenciamento integrado das atividades logísticas proporciona eficiência, beneficiando com melhorias de qualidade, redução de custos e melhor nível de serviço aos clientes.

Nota-se que no cenário atual, torna-se cada vez mais desafiador realizar atividade logística sem o apoio de ferramentas tecnológicas. Essa é uma situação que afeta desde novos negócios até as grandes corporações e melhorias da eficiência operacional e redução de custo que é um dos principais desafios em logística. Portanto a questão que orienta essa pesquisa é: Qual a importância da tecnologia na integração dos processos logísticos de uma empresa/indústria?

No objetivo geral do presente estudo evidenciar os impactos causados pela tecnologia nos processos logísticos na era atual de uma empresa/indústria. Além dos objetivos específicos são expor o conceito de logística, sendo o esforço integrado para criar valor para o cliente pelo menor custo total possível; definir a importância da logística na gestão de produção e expor a importância e o impacto da tecnologia no setor logístico das empresas/industrias.

A pesquisa trata-se de uma revisão bibliográfica 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 (REEC), 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 2000 até 2021. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos vinte anos, na língua portuguesa.



2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE LOGÍSTICA NAS ORGANIZAÇÕES

As primeiras definições de logística têm sua origem durante a segunda guerra mundial, onde a atividade logística estava voltada para a movimentação e coordenação de tropas, armamentos e munições para os lugares necessários ao seu emprego no campo de batalha. Quando adotada como uma atividade pelo mundo dos negócios, a logística foi reconhecida como a movimentação e coordenação dos produtos aos clientes finais (BALLOU, 2006).

Neto (2015) diz que a complexidade da economia moderna, representada pelo rápido avanço das tecnologias, vem trazendo cada vez mais novos desafios para as organizações empresariais. A nova realidade comercial vem demandando uma nova prática administrativa voltada para a otimização do sistema logístico.

Novaes (2001) fala que o conceito e importância operacional da logística foi adaptado para as organizações empresariais. E a logística é considerada um dos elementos-chave na estratégia competitiva das empresas e reconhecida como uma importante prática de sobrevivência para empresas que atuam em mercados cada vez mais globalizados.

No intuito de agrupar boa parte dessas atividades Ballou (2006) considera que a logística empresarial trata de todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos desde o ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, bem como do fluxo de informação, que coloca os produtos em movimento, com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável.

Seguindo a linha de pensamento de Novaes (2001) fica claro que este conceito vem evoluindo e assumindo novos encargos de acordo com as exigências do mercado e a importância que a atividade logística assume na cadeia de suprimentos. A logística empresarial age desde o suprimento físico até a distribuição física, dentro desse intervalo existe um universo de conceituações e definições para logística empresarial.

Neto (2005) defende um conceito semelhante, pois o mesmo afirma que a logística empresarial é o processo de planejar, implementar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem de produtos, assim como os serviços e informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor.

Ballou (2009), diz que logística é a parte mais tangível da rede de suprimentos, nela visualizam-se inúmeros processos capazes de otimizar resultados e criar vantagens competitivas, eliminando o gap entre a produção e a demanda. Planejamento, organização e controle efetivo das atividades de movimentação, seja ela de recebimento, movimentação interna ou expedição, são atividades essenciais que visam facilitar o fluxo de produtos

Devido à forte concorrência, permanecer num centro de distribuição é uma forma prática de melhorar a malha de operação logística. Pode-se observar que o custo pode ser reduzido pela excessiva análise da localização, ganhando assim uma vantagem competitiva (CARMO; SOARES; LOPES, 2008)

Neto (2015) afirma que a logística moderna desempenha um papel importante no sucesso de uma organização. Não há diferença nas empresas estudadas, pois desde a finalização do produto até o comprador que o possui, é de responsabilidade da logística de distribuição devendo ser armazenado no almoxarifado da fábrica e transportado diretamente para o cliente de forma segura.

Segundo Ballou (2006) a distribuição física é área da logística empresarial, responsável pelo processamento, armazenamento e de pedidos dos produtos finais. Nesse caso, o autor também destaca que, para as empresas de transporte, essa atividade costuma ser a mais cara e pode custar dois terços de todos os custos logísticos.

Na verdade, a logística é um processo de operação e controle que permite que os produtos sejam transferidos do ponto de fabricação até o momento em que são finalmente entregues aos consumidores. Este ponto de distribuição no varejo quase sempre é uma loja de varejo, mas há algumas exceções, por exemplo, o produto é muito pesado ou muito volumoso, caso em que normalmente é distribuído diretamente ao consumidor final (RAZZOLINI FILHO, 2006).

Neto e Santana (2015) comenta que o planejamento da cadeia logística é muito importante, pois pode ver que os problemas relacionados à distribuição que ainda são grandes. Não é exagero dizer que a implantação do centro de distribuição é uma excelente opção para otimizar serviços. Portanto, atenção especial deve ser dada à forma como os centros de distribuição se comportam na cadeia logística, pois podem causar grandes problemas se não forem bem administrados.

Gestão da qualidade é uma série de ações relacionadas que visam melhorar os serviços, processos ou produtos para atender às necessidades do cliente. A gestão da qualidade consiste em uma série de atividades coordenadas para controlar ou orientar a gestão da qualidade da organização, incluindo planejamento, controle de qualidade, garantia e melhoria (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Segundo Carpinetti (2012) as condições de mercado e os consumidores costumam definir suas escolhas com base nos serviços que são avaliados para melhores resultados, e quando uma empresa consegue prestar serviços para atender às necessidades dos clientes dentro de um intervalo de tempo razoável por eles estabelecido, a empresa está atendendo ao conceito atual de qualidade, satisfação do cliente.

Buller (2012) fala que a qualidade é o diferencial em uma organização, pois quando uma empresa utiliza um sistema de gestão da qualidade, pode elevar o nível dos padrões de qualidade. Isso acontece por meio de inspeções detalhadas de todos os processos e da implementação de ferramentas e padrões específicos.

As ferramentas de gerenciamento da qualidade são métodos que são utilizados para examinar, aprimorar, determinar, estabelecer e proporcionar alternativas, problemas estes que irão afetar nas características do sistema antes ou depois da implementação. São mecanismos simples para selecionar, implementar e avaliar mudanças no processo produtivo por meio de análises objetivas de partes bem definidas do processo (CARVALHO; PALADINI).

Razzolini Filho (2006) destacar que os padrões de eficácia dos serviços são grandemente exigidos na área de logística. Por essa razão os produtos são consumidos e tornam-se obsoletos cada vez mais rapidamente, portanto, a maior demanda por produtos requer melhores sistemas para atendê-los e satisfazer as necessidades do cliente no menor tempo possível.

Marques e Oda (2012) definem o sistema logístico como um conjunto de sistemas que integram as atividades logísticas. Ele é responsável pela co-gestão de informações e fluxo de produtos que se baseiam na integração de todos os processos da cadeia produtiva para atender a níveis específicos de necessidades dos clientes.

Gomes e Ribeiro (2004) confirmam que a finalidade de integrar a logística é fornecer melhores serviços e gestão da cadeia de suprimentos para as necessidades do cliente. Essa gestão de todas as atividades do processo pode fazer com que a qualidade dos serviços prestados cresça o nível de qualidade e eficiência de todo o sistema logístico.

Razzolini Filho (2006), podemos examinar que o espaço logístico imediato permeia resolver os diversos problemas ocasionados particularmente através da desatenção governamental, administrativo e civil, próprio à frente dos esforços da área lucrativa em tratar tais questões e aprimorar e sua atuação.

Ballaou (2006) destaca que os problemas que influenciam o sistema de infraestrutura e os serviços, especialmente o setor de transporte, podem levar direta e diretamente ao desenvolvimento econômico do país. Devido ao sistema de transporte eficaz e de baixo custo pode aumentar a competição no mercado, criar valor econômico para a organização e, principalmente, atender às obrigações dos clientes.

De acordo com a pesquisa de Gomes e Ribeiro (2004), devido ao furto, perda e avaria de cargas, falta de pontualidade, tempo médio de deslocamento e outros fatores, as funções de transporte e armazenagem são de extrema importância nos serviços logísticos. Afeta diretamente a escolha de serviço do cliente nesse caso, a escolha da modalidade adequada pode promover a redução do tempo médio de atendimento e dos custos do processo.

Buller (2012) conceitua as técnicas de acordo com os meios de transporte determinando a localização. Nesse caso para determinar um tipo de modal, é necessário analisar cinco características como rapidez, compatibilidade, flexibilidade, disponibilidade e regularidade. Portanto, pode-se dizer que um sistema logístico bem planejado e gerenciado pode controlar o transporte de forma que essa atividade gera um menor custo.

Fernandes (2012) fala para a logística seja eficiente, deve ter a habilidade de fornecer bens e recursos e provar efetivamente que pode alcançar os resultados esperados da empresa. Mas apenas coletar, armazenar e entregar não é suficiente, o resultado esperado é que a logística tenha comprovado sua eficácia em todas as etapas e poder realizar tarefas, mas sempre garantindo segurança, pontualidade e alta qualidade. Os consumidores não querem apenas receber o produto, mas também querem recebê-lo em um horário determinado, sem qualquer dano ou defeito

Marques e Oda (2012) comenta que quando favorecer a competitividade do merca-

do atual a gestão da organização deve focar nas recomendações para tornar o sistema logístico da empresa um serviço de qualidade para atender às necessidades do cliente. Portanto, é óbvio que o centro de distribuição tem um papel inegável no sistema logístico, pois possui um sistema de controle ágil na operação.

Neto (2015) diz que ao verificar a atual demanda do mercado e atender às suas necessidades, fica evidente a importância da gestão da qualidade no sistema logístico. E que esta identificação é essencial para as operações logísticas, pois a partir deste ponto as organizações poderão definir o nível de serviço que pretendem prestar aos clientes.

Carmo, Soares e Lopes (2008) afirmam que os serviços de logística são prestados aos clientes como extensões do produto e que as características dos serviços se refletem principalmente em três aspectos: flexibilidade, execução e confiança, sendo que o tempo se refere à oferta de produtos mediante solicitação.

Portanto, segundo Lucinda (2010), a procura pela qualidade para uma organização pode melhorar sua competitividade no mercado em que atua. Portanto, diante da crescente demanda por sistemas logísticos e de qualidade no atendimento, esse fator garante a sobrevivência da empresa no mercado.

Teixeira (2012) destacou que as empresas buscam constantemente a melhoria da competitividade, e em termos de logística, as organizações costumam tratar os processos logísticos de seus departamentos de forma isolada. Existem também empresas que buscam mais conexões com fornecedores e podem implementar com eficácia planos mais abrangentes para suas operações. Poucas empresas podem atingir o estágio de integração estratégica ideal entre os participantes da cadeia de suprimentos.

Ainda segundo Taboada (2002), a logística deixou de ser vista como um método operacional, mas passou a ser um método estratégico, o que tem estimulado ainda mais o interesse das organizações neste assunto e isso se deve aos resultados e à complexidade da economia moderna, representada pelo rápido desenvolvimento da tecnologia da informação e pela crescente demanda.

2.1 A Logística 4.0 na gestão de produção

A definição de 4.0 é a resolução do crescimento informatizado dos materiais de produção. A inclusão da estrutura física e da rede de informação digital está ficando cada vez maior, de modo que um grande número de integrações de sistema é fornecido em cada nível de produção, de forma que o mínimo de operações possa ser encontrado nas atividades de solução (MASLARIĆ; NIKOLIČIĆ; MIRCETIĆ, 2016).

Um dos maiores impactos da digitalização é o crescimento da eficácia ou benefício da técnica produtiva. A proporção de escanear com eficiência toda a rede de procedimentos, pode comprovar a organização e suas máquinas conforme necessário, localizar rapidamente problemas e melhorar o processo, redução dos defeitos na produção e até mesmo evitar a construção de fábricas ou protótipos de produção antes que os problemas ocorram. Além de melhorar a eficiência do uso de insumos, também pode reduzir o consumo,



reduzindo os custos de produção (CNI, 2016).

Nas últimas décadas, os avanços tecnológicos nas áreas de tecnologia da informação e engenharia logística têm sido a espinha dorsal da Indústria 4.0 tornando-se uma realidade. Devido ao contínuo desenvolvimento da Indústria 4.0, novos conceitos de gestão, produção e logística foram recentemente introduzidos no mercado por se tratar de um campo ainda novo de pesquisa (GONÇALVES, 2016).

Silveira (2016) afirma que as máquinas têm a capacidade de processar redes de dados (como a Internet), podendo esclarecer informações em tempo real para reduzir deliberações sem intervenção e fornecer um método de produção engenhoso e diligente.

Como outras revoluções industriais ao longo dos anos, devido às mudanças na forma como a tecnologia e a gestão afetam esta nova indústria, 4.0 passará por um processo que interromperá sua produção. O desenvolvimento de novas interações e o desenvolvimento de tecnologia, gestão e logística terão impacto no desenvolvimento de novos métodos de produção (WAGNER; HERRMANN; THIEDE, 2017).

Com a multinacionalização do mercado, as organizações são obrigadas a continuar modernizando-se para manter a posição estável no mercado de trabalho, o que exige maior rapidez no procedimento. Um departamento de logística operando normalmente e uma empresa com alto nível de gestão tende a se integrar em uma empresa competitiva e vai agradar os clientes (GONÇALVES, 2016).

Silveira (2016) sintetizou todos esses processos que buscam aprimorar para aumentar o conhecimento técnico e definir padrões de atividade logística, aumentar a flexibilidade e reduzir custos, que passam a ser considerados uma abordagem estratégica. O rápido desenvolvimento da tecnologia e da Internet deu origem a um novo conceito de produção, nomeadamente a Indústria 4.0, que se caracteriza pela produção informatizada, que permite às máquinas comunicarem sem intervenção humana.

Aparece então, nesse período, a chamada quarta Revolução Industrial, definida pela formação em massa e particularização da linha produtiva, em conjunto com tecnologias como robótica, realidade aumentada, inteligência artificial, nanotecnologia, big data, Internet of things (FAUSTINO, 2016).

A Quarta Revolução Industrial criará um mundo para o estabelecimento de fábricas e o estabelecimento de métodos de produção inteligentes, nos quais sistemas de manufatura físicos e virtuais operarão de forma global e adaptativa (SCHWAB, 2016).

Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016) apontam que a digitalização é a palavra do século. Com o crescimento da digitalização em diversos âmbito da sociedade moderna e o desenvolvimento da mecanização, eletrificação e informatização, as três primeiras revoluções industriais foram definidas.

Na Hannover Messe 2011, surgiu na Alemanha o termo Indústria 4.0, que representa um modelo novo de produção, a tecnologia é impulsionada pelo rápido desenvolvimento da tecnologia, com maior eficiência da linha de produção e menor custo (GOMES, 2016).

A Indústria 4.0 visa melhorar as capacidades de autogestão da empresa e tentar prevenir a manutenção necessária dos equipamentos e até mesmo eventos inesperados que podem mudar na demanda. Para apoiar a fundação da Indústria 4.0, existem pilares que sustentam a evolução do termo (FISHER, 2016).

Franceschini (2016) explica que a tendência da Indústria 4.0 é capaz de produzir produtos sob demanda para atender à demanda crescente, o que requer operações coordenadas e ininterruptas com base em análises e interpretações baseadas em dados. Este novo método de produção exige que a logística de abastecimento desempenhe esta função com a mesma agilidade e diversos métodos de produção, afetando a motivação de toda a empresa.

Franceschini (2016) destacou que a logística deve acompanhar a inteligência da fábrica para garantir que não haja defeitos no processo produtivo, e com a indústria e a logística de acordo com a demanda do mercado, a fim de produzir totalmente os produtos de acordo com os pedidos

Do processo produtivo à exposição do produto ao cliente, à forma de entrega do produto, todas essas integrações logísticas tornaram-se uma condição necessária para acompanhar os participantes do mercado, pois com o aumento das compras, o processo logístico fica cada vez mais rápido e exigente dos clientes (NEPOMUCENO, 2016)

Fischer (2016) afirma que por meio dessa nova abordagem ao cliente, a logística pode abrir o mercado por meio do e-commerce, o que mostra a possibilidade de inovação, o que mostra a necessidade de investir fortemente em tecnologia para que possam acompanhar o rápido desenvolvimento do mercado por meio dos da indústria de logística.

Wu (2013) enfatizou que a construção de uma logística global eficiente é uma condição necessária para o desenvolvimento da Indústria 4.0. O autor enfatizou os requisitos básicos que precisam ser atendidos para consolidar o processo de logística global, tais como: estabelecer canais de entrega de negócios; atender às necessidades dos clientes em todos os níveis; determinar um sistema rápido e eficiente Logística, coordenação de ações internas, crescimento de toda a estratégia competitiva da cadeia de suprimentos.

Gomes (2016) também mencionou que outro quesito essencial da Indústria 4.0 é a alteração e introdução das mídias digitais nos materiais de produção. A digitalização é um dos principais objetivos para mudar a cadeia de valor, e as empresas precisam ajustar seus acordos para se adaptar a este novo meio digital e ter sucesso neste novo ambiente.

Maslarić, Nikoličić e Mirčetić (2016) apontaram quatro fases que são críticas para completar essas associações na transição para a Indústria 4.0, como: as empresas precisam estar dispostas a cooperar com o ecossistema; tratar o gerenciamento de dados como um ativo comercial valioso para garantir um melhor controle industrial; tratar o gerenciamento da segurança cibernética de forma mais rigorosa e a independência de fábricas inteligentes no conceito de Indústria 4.0 na troca de dados em massa serão conectados através da Internet.

O desenvolvimento digital e a formação de um mercado único digital são as duas origens da União Europeia. Seu objetivo é alcançar crescimento, competitividade, inves-

timento e criação de empregos. Portanto, colocar a tecnologia digital nas tarefas prioritárias da UE abrange todos os campos econômicos (HOFMANN; RÜSCH, 2017).

No campo da logística, a grande quantidade de dados disponíveis e a praticidade da tecnologia da informação podem ajudar a melhorar o uso dos recursos existentes. Alguns dos privilégios que podem ser alcançados com o uso de TI em logística são a melhoria das capacidades de análise, comunicação, perspectiva e otimização. A digitalização dos processos logísticos criou soluções logísticas inteligentes (WU, 2013).

Schwab (2016) fala que o gerenciamento modernizado de centros de distribuição de alto estoque para eliminar o estoque e reduzir o tempo de entrega de pedidos. Promover a mudança cultural que pode ser visto como o maior desafio, pois é preciso mudar completamente a forma de trabalho e os processos de execução.

Hofman e Rusch (2017) afirma que garantir um alto grau de conectividade e integração (entre máquinas, pessoal, processos e empresas), é necessário que todos possam acessar informações e dados precisos e atualizados ao mesmo tempo. Desta forma, todos os usuários terão uma visão geral de todas as etapas da cadeia de abastecimento. Para tanto, investe na capacitação de seus colaboradores para oportunizá-los e obter mão de obra qualificada para a empresa

Gomes (2016) A ausência de entendimento é outro problema a ser discutido, principalmente no Brasil, que as indústrias estão começando a se familiarizar com as novas apresentações da Indústria 4.0. Com isso, os organizadores precisam estar preparados e entendidos, para passar entendimento e motivação para os demais, fazendo com que todos os envolvidos tenham uma alta capacidade de adaptação a mudanças.

Faustino (2016) comenta que o alto custo de implementação é um obstáculo para a transição e há falta de financiamento e oportunidades que podem ajudar o investimento da indústria. Porém, devido à sua popularidade, está se tornando cada vez mais acessível, e o investimento deve ser avaliado levando-se em consideração os benefícios futuros disponíveis.

Com o desenvolvimento da globalização, a competitividade tornou-se cada vez mais elevada e a logística tornou-se uma vantagem competitiva cada vez mais importante da empresa. Portanto, o uso da tecnologia é fundamental para que a empresa desenvolva suas atividades da melhor forma (SILVEIRA, 2016).

O maior impacto desse novo conceito será uma grande mudança que mudará todo o mercado e criará um novo modelo de negócios. Além de adaptar a fábrica a esse novo conceito, os profissionais também precisam passar por um processo de adaptação, pois a mão de obra manual foi substituída pela automatizada. A agilidade das informações e da rapidez dos dados facilita a tomada de decisões e também ajuda a buscar a integração de toda a cadeia. A empresa deve ser capaz de fornecer a todo o pessoal relevante todas as informações de maneira segura (BLANCHET et al., 2014).

Gonçalves (2016) afirma que a Logística 4.0 é uma grande oportunidade para as empresas, o que é essencial para a capacidade de adaptação às mudanças e padronização de novos modelos para que as metas sejam alcançadas, a eficiência aumentada e os custos

reduzidos para fornecer aos clientes melhores e acessíveis o produto.

2.2 A importância da tecnologia no setor logístico das empresas/industrias

A logística foi originalmente desenvolvida para a estratégia militar, sendo interpretada como uma filosofia de guerra, relacionada ao movimento e coordenação de tropas, armamentos e materiais aos locais necessários, com o objetivo de fornecer, transportar e acomodar tropas para que estivessem no lugar e tempo certo (COELIS, 2017).

Teixeira (2012) destacou que as empresas buscam constantemente a melhoria da competitividade, e em termos de logística, as organizações costumam tratar os processos logísticos de seus departamentos de forma isolada. Existem também empresas que buscam mais conexões com fornecedores e podem implementar com eficácia planos mais abrangentes para suas operações. Poucas empresas podem atingir o estágio de integração estratégica ideal entre os participantes da cadeia de suprimentos.

Para Bowersox e Closs (2001), o ciclo da atividade logística é a principal unidade da análise logística abrangente e essas atividades fornecem visões básicas sobre dinâmica, interfaces e tomada de decisão e devem ser combinadas para criar um sistema operacional. Fornecedores, empresas e seus clientes estão conectados por meio de comunicação e transporte. As localizações das instalações vinculadas por meio do loop são chamadas de nós. Uma lista de verificação é necessária para ciclos de atividades diferentes de nós e analisar os recursos investidos para apoiar as operações

Ficher (2016) explica que o estoque prometido para ser usado no sistema inclui estoque básico e de segurança, e seu objetivo é fornecer proteção contra discrepâncias. As atividades logísticas ocorrem no nós das instalações do inventário que armazenam ou fluem dentro do sistema, sendo que requer várias formas de processamento e menor quantidade de armazenamento.

Cruz (2007) ciclo das atividades logísticas mudará dinamicamente quando a demanda de entrada e saída for atendida. A entrada do período de atividade é confirmada pela ordem para o produto especificado ou necessidades de material. Um sistema com alto volume de transações requer várias atividades para atender à demanda de pedidos e quando a demanda é altamente previsível, o ciclo de suporte pode ser simplificado.

A saída do sistema é o desempenho esperado nas operações logísticas para atender aos requisitos operacionais podendo alcançar eficiência e, assim, cumprir sua missão. Dependendo das tarefas operacionais de um determinado ciclo de negócios, as atividades necessárias podem estar sob o controle de uma única empresa ou podem estar vinculadas a outras organizações. O ciclo de suporte à fabricação está sob o controle geral de uma única empresa para o abastecimento que envolve fornecedores e clientes (BOWERSOX; CLOSS, 2001).

Freire (2000) explica que ciclo comercial varia de uma atividade para outra e que



alguns métodos de negócios são projetados para apenas uma venda ou compra que é implantado e interrompido. O caso conclui a transação para qualquer operação, instalação e arranjo logístico podendo participar de diversos ciclos de atividades diferentes. Por exemplo, o depósito de um atacadista de hardware pode receber mercadorias de vários fabricantes e o mesmo é verdade para as operadoras de leasing que participam de vários setores e de vários ciclos diferentes.

Para facilitar o entendimento, o ciclo de atividades é a unidade básica para analisar as funções logísticas. A estrutura do ciclo de atividades, em termos de organização é basicamente a mesma, necessitando de distribuição física ou suporte para fabricação ou abastecimento. Porém, por mais extensa e complexa que seja a estrutura de todo o sistema logístico, ao se buscar a integração do processo, a interface básica de controle e o processo devem ser identificados e avaliados como uma combinação de cada ciclo de atividades (O'BRIEN, 2003).

Ching (2001) explica que o ciclo de negócios de logística abrange o processamento de pedidos de clientes e a entrega de mercadorias. Essa atividade tem impacto direto no desempenho de marketing e vendas, pois pode fornecer produtos de maneira econômica e oportuna. Neste processo, envolve cinco atividades, a saber, entrega de pedidos, processamento de pedidos, separação de pedidos, transporte de mercadorias encomendadas e entrega aos clientes. A distribuição começa na fábrica do fornecedor da matéria-prima e termina na compra do cliente final.

O objetivo da logística é realizar as atividades necessárias à empresa no menor tempo possível e com menor custo. Para Rosa (2011), é necessário atender todas as expectativas dos clientes e das empresas envolvidas no processo para garantir a integridade das pessoas e do meio ambiente.

Para Stoner (2000) diz que somente com informações precisas e no momento exato os gestores podem monitorar o andamento do cumprimento de suas metas e transformar planos em realidade. Portanto a informação deve ser avaliada com base nos quatro fatores como: a qualidade da informação (quanto mais precisa a informação, maior a qualidade da informação e mais o administrador pode confiar nela para tomar decisões); oportunidades de informação para um controle eficaz, medidas corretivas devem ser tomadas antes que haja um grande desvio do plano ou padrão.

Segundo Oliveira (2001), o propósito básico da informação em um ambiente organizacional é permitir que a empresa atinja seus objetivos por meio do uso eficaz dos recursos disponíveis de pessoas, materiais, equipamentos, tecnologia, dinheiro e a própria empresa em formação. Nesse sentido, a teoria da informação considera o uso eficaz dessas questões pela tomada de decisão e sua adequação.

Segundo Stoner (2000), a eficiência do uso da informação é medida de acordo com o custo de obtenção da informação e o valor dos benefícios trazidos pelo uso da informação que está relacionada aos custos envolvidos na geração, coleta, processamento e distribuição da informação.

Cruz (2007) destacou que as empresas utilizam a TI como recurso de sobrevivência em um mundo globalizado. A globalização afeta as pequenas e médias empresas, fazendo

com que elas tenham que se adaptar e buscar formas de sobreviver e competir em TI.

Segundo Cerri (2004), o conjunto de dados da empresa necessita ser consistente e com as atividades da empresa. A melhor decisão de sistema não é apenas o melhor sistema do mercado, mas também é o que consegue melhor se adapta às necessidades da empresa. A tecnologia é apenas uma ferramenta que deve ser usada para melhorar o planejamento e o controle.

Para O'Brien (2003), os sistemas de informação têm três funções básicas suportar aos processos de negócios, suporte à tomada de decisão e suporte à vantagem competitiva. As empresas devem perceber que a informação é tão importante quanto os recursos humanos, pois depende do sucesso ou fracasso do gestor e de todos os funcionários para tomar uma decisão

Freire (2000) comenta que a informação é um elemento essencial em uma organização, podendo estabelecer as condições necessárias para o alcance de seus objetivos e aumento da competitividade. Nesse caso, se implementada de forma adequada, a tecnologia pode trazer alguns benefícios para a empresa. O autor menciona grandes vantagens (GUIA DA TECNOLOGIA, 2003).

Gapski (2003) acredita que somente quando as informações de custo e desempenho são mantidas é que a eficiência do processo logístico pode ser alcançada. Conforme Ballou (2006) exemplificou, além de fornecer maior precisão, esse tipo de controle informatizado também pode ajudar a prever vendas e a sazonalidade, pois pode gerar relatórios de controle de vendas mais eficazes. Usando a manutenção de informações internas da organização, podem ser obtidas informações sobre clientes, vendas, níveis de estoque, etc. Para Ching (2001), manutenção da informação deve haver um banco de dados para planejamento e controle logístico.

O mercado global atual exige que as empresas acelerem suas operações sob a influência do desenvolvimento de computadores, telecomunicações e Internet. Bowersox e Closs (2011) mencionam que a vantagem competitiva baseada na logística faz com que a empresa se destaque no mercado, neste caso, pode-se dizer que a logística é uma ferramenta que ajuda a aumentar a flexibilidade, melhorar o serviço e reduzir custos (DANTAS, 2000).

Um dos maiores impactos da digitalização é o aumento da eficiência ou produtividade do processo produtivo. A capacidade de monitorar toda a cadeia do processo permite que a empresa aloque com eficiência suas máquinas conforme necessárias, descubra rapidamente problemas e gargalos, otimize processos, reduza as taxas de defeitos na produção e até mesmo evite construir fábricas ou protótipos antes que os problemas ocorram. Além de poder utilizar o consumo de insumos de forma mais eficaz, reduzindo assim os custos de produção (CNI, 2016).

Franceschini (2016) apontou que a logística deve monitorar a inteligência da fábrica para garantir que não haja defeitos no processo de produção, e a inteligência 31 é estendida ao mercado porque a indústria e a logística estão trocando informações de produção e fornecimento de forma adequada. De acordo com a demanda do mercado, os produtos são produzidos de acordo com o pedido.



À medida que a globalização do mercado promove maior conectividade do mercado, as práticas logísticas e os conceitos de distribuição proporcional tornam-se cada vez mais complexos, incapazes de atender às necessidades dessas transações internacionais. Uma logística eficiente e uma cadeia de abastecimento eficaz podem reduzir o custo dessas transações, ao mesmo tempo que agregam valor à economia global, o que é favorável ao desenvolvimento dos negócios (WU, 2013).

Para Tonelli et al. (2016), o maior desafio encontrado hoje é como integrar os mais diversos sistemas que compõem as operações logísticas e possuem padrões diferenciados. A Indústria 4.0 traz a possibilidade de operação global e padronização de custos, criando oportunidades logísticas antes irrealistas.

A tendência da Indústria 4.0 é ser capaz de produzir produtos sob demanda para atender à crescente demanda do consumidor, o que requer operações coordenadas e ininterruptas com base na análise e interpretação de dados. Esse novo método de produção exige que a logística de abastecimento desempenhe essa função com a mesma agilidade e diversos métodos de produção, afetando a dinâmica de toda a empresa (FRANCESCHINI, 2016).

Como as máquinas podem usar redes de dados (como a Internet) e podem interpretar informações em tempo real para tomar decisões sem intervenção manual, é proposto um meio de produção inteligente e dinâmico, que é o principal objetivo da Indústria 4.0 (BLANCHET et al., 2014).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionamento dessa pesquisa foi elaborado a partir da revisão literária sobre a importância dos processos logísticos na era atual que estão ligados aos avanços tecnológicos. Percebeu-se que com a globalização e a competitividade torna-se cada vez mais alta, e a logística tem que mostrar seu diferencial cada vez mais sendo significativo para as organizações, o uso da tecnologia é indispensável para as atividades da empresa.

No primeiro capítulo se observa que a nova realidade comercial vem demandando uma nova prática administrativa voltada para a otimização do sistema logístico, pois muitas empresas têm investido em ferramentas que apoiam seus processos no sistema de informação e programas de qualidade condicionando o aumento da demanda de diversas marcas e aplicabilidades de software disponível.

No segundo capítulo se ressalta sobre a Logística do Conhecimento 4.0, que encontrou-se uma perspectiva que integra as contribuições da Gestão de Cadeia de Suprimentos pautadas pelo uso da informação, a Logística do conhecimento que usa das bases da logística tradicional para modelar e controlar a informação e a Indústria 4.0 que integra em tempo real, em um mesmo ambiente virtual todo ecossistema empresarial.

O terceiro capítulo desta pesquisa destaca a importância da tecnologia no setor logístico pois a agilidade de informação com dados rápidos contribui para a tomada de decisão e também para buscar a integração de toda a cadeia. É fundamental que a empresa con-

siga disponibilizar toda a informação, de maneira segura para todos os envolvidos.

Dessa forma, entende-se que é necessário dar continuidade ao estudo em relação à importância para torna-se evidente que a apresentação dos problemas no processo logístico e o do grau de atendimento dos requisitos do sistema de gestão da qualidade adotado na empresa influenciam e contribuem na manutenção de um sistema logístico eficiente, atendendo dessa maneira ao objetivo principal do estudo.

Referências

- BALLOU, Ronald H.. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616 p. Tradução de: Raul Rubenich.
- BOWERSOX, Donald J. ; Closs, M. Bixly Cooper **Gestão logística de cadeias de suprimentos** / Donald J. Porto Alegre: Bookman, 2001
- BULLER, Luz Selene. **Logística Empresarial**. Curitiba: Iesde, 2012. 126 p.
- BLANCHET, M.. **Industry 4.0: the new industrial revolution**. How Europe will succeed. 2014. Disponível em: <http://www.iberglobal.com/files/Roland_Berger_Industry.pdf>. Acesso em: 26. out. 2020
- CHING, H. Y. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada – Supply chain**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- CARMO, E. A; SOARES, J. B; LOPES, M. A. Estudo dos fatores de localização de abatedouros e centros de distribuição de agroindústrias de frango de corte. **XLVI Congresso da sociedade brasileira de economia administração e sociologia rural**, Rio branco, AC, Brasil, 20 a 23 de julho de 2008.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 239 p.
- CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco (Org.). **Gestão da qualidade: Teorias e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: Abepro, 2012. 430 p4
- CNI, Confederação Nacional da Indústria. **Indústria 4.0: novo desafio para a indústria brasileira**. 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-66-industria-4-0/>. Acesso em: 26. out. 2020
- CRUZ, T. **Sistemas, Organização & Métodos**. São Paulo: Ed. Atlas, 2007.
- CERRI, Michel Lenon; CAZARINI, Edson Walmir. Diretrizes para implantação de ERPs. **XXIV Encontro Nac. Eng. de Produção** - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de nov de 2004.
- FAUSTINO, Bruno. **Seis princípios básicos da Indústria 4.0 para os CIOs**. Disponível em: <https://cio.com.br/seis-principios-basicos-da-industria-4-0-para-os-cios/>, acesso em 26. out. 2020
- FERNANDES, Kleber dos Santos. **Logística: fundamentos e processos**. Curitiba: Iesde, 2012. 160 p.
- FRANCESCHINI, Paulo César. **Revolução Industrial**. 2016. Disponível em: <<http://www.tecnologica.com.br/portal/revista/edicao-anterior/246/>>. Acesso em: 15 out.2020
- FREIRE, J. E. **Uma abordagem sobre os colaboradores na atual sociedade da informação**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.2000
- FISHER, Fernando. **Essa tal logística 4.0**. Tecnológica, São Paulo, v. 246, n. 1, p.44-52, out.2016
- GOMES, Carlos Francisco Simões; RIBEIRO, Priscila Cristina Cabral. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 360 p.

GUIA DE TECNOLOGIA (2003). **Informática a seu favor**. São Paulo, n.1.2003

GONÇALVES, Murilo Porto. **Proposta de implementação da Indústria 4.0 na área da logística**. 2016. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Transportes e Logística, Centro Tecnológico de Joinville, Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, 2016. Cap. 4.

GAPSKI, O. L. **Controle de nível de estoque no setor varejista com base no gerenciamento do inventário pelo fornecedor**: aplicação do modelo no A. Angeloni Cia Ltda e Procter & Ghamble S.A.. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

GOMES, Bruno. **Indústria 4.0**. 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A555B47FF01557E033FAC372E&inline=1>. Acesso em: 26.out.2020.

HOFMANN, Erik; RÜSCH, Marco. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. **Computers In Industry**. Gallen, Suíça, p. 23-34. abr. 2017.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: Fundamentos e práticas para cursos de graduação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010. 180 p.

MARQUES, Cícero Fernandes; ODA, Érico. **Atividades Técnicas na Operação Logística**. Curitiba: Iesde, 2012. 196 p.

MARTINS, P, ALT, P. R. C. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MASLARIĆ, Marinko; NIKOLIČIĆ, Svetlana; MIRČETIĆ, Dejan. **Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet**. Gruyter. Novi Sad, Servia, 2016.

NETO SANTANA, Carlos Alberto. **Elaboração e análise de projetos**. Curitiba: Iesde, 2015. 220 p.

NEPOMUCENO, Carlos. **Logística empresarial: uma ferramenta importante**. 2016. Disponível em: <http://iapeb.com.br/logistica-empresarial/>. Acesso em: 25 out 2020.

NOVAES, A.G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. 3.ed. São Paulo: Elsevier, 2001

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet**, São Paulo: Saraiva, 2003.

OLIVEIRA, Jailson Ribeiro. **Medição de desempenho nos processos**. João

Pessoa: Uniol Faculdades, 2001

RAZZOLINI FILHO, Edelvino. **Logística: Evolução na administração - desempenho e flexibilidade**. Curitiba: Juruá, 2006. 204 p.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci; LOPES, Guilherme Cano. **O que é Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>. Acesso em: 26.out.2020.

STONER, J. A. F.. **Administração**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. Disponível em http://www.fecap.br/adm_online/art34/prates.htm, acesso em 26.out.2020.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. 1. ed. São Paulo: Edipro, 2016

WAGNER, Tobias; HERRMANN, Christoph; THIEDE, Sebastian. Industry 4.0: Impacts on lean production systems. **The 50th Cirp Conference On Manufacturing Systems**. Braunschweig, Alemanha, p. 125-131. 2017

WU, Yen-chun Jim et al. Global logistics management curriculum: perspective from practitioners in Taiwan. **Supply Chain Management: An International Journal**. Taiwan, p. 376-388. fev. 2013.

CAPÍTULO 42

GESTÃO DE PROJETOS ASSOCIADO A PRODUTIVIDADE NO SETOR DE PRODUÇÃO

*PROJECT MANAGEMENT ASSOCIATED WITH PRODUCTIVITY IN THE
PRODUCTION SECTOR*

Marcos Alexandre Silva Melo¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

O gerenciamento de projetos é baseado em uma estrutura hierárquica com o gerente de projeto no ápice. O gerente de projeto planeja o projeto, aloca trabalho para os empreiteiros, monitora o progresso e dirige os contratantes quando os planos têm de ser mudados. Projeto e construção são subcontratados a fornecedores que planejam e administram o seu próprio trabalho para além da visão do gerente de projeto. Um bom planejamento da produtividade faz com que esse esforço seja reduzido gerando resultados significativos. O presente trabalho utiliza como metodologia a pesquisa qualitativa através de um estudo bibliográfico. O presente trabalho tem como objetivo geral consolidar os pacotes de trabalho e marcos que definem os gerentes de projeto, construindo em torno deles planos viáveis para a execução do trabalho e processos transparentes para medir a produção e melhorar o desempenho da produção. Conclui-se que é importante, para finalizar, compreender que a percepção sobre os riscos e a continuidade do projeto podem diretamente desencadear um conjunto de problemas e desafios, inclusive refletindo negativamente na questão de manutenção e ajustes nos maquinamentos e processos industriais e produtivos, comprometendo eficiência e eficácia das ações desenvolvidas.

Palavras-chave: Organizações, Manutenção, Gestão de Projetos, Produção.

Abstract

Project management is based on a hierarchical structure with the project manager at a glance. The project manager plans the project, allocates work to contractors, monitors progress and directs contractors when plans have to be changed. Design and construction are subcontracted to suppliers who plan and manage their own work beyond the vision of the project manager. Good productivity planning means that this effort is reduced, generating significant results. The present work uses qualitative research as a methodology through a bibliographic study. The present work has as general objective to consolidate the work packages and milestones that define the project managers, building around them viable plans for the execution of the work and transparent processes to measure the production and improve the production performance. We conclude that it is important, finally, to understand that the perception of the risks and the continuity of the project can directly trigger a set of problems and challenges, including negatively reflecting on the issue of maintenance and adjustments in industrial and productive machinery and processes, compromising efficiency and effectiveness of the actions developed.

Keywords: Organizations, Maintenance, Project Management, Production.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a variação da economia e a percepção maior do consumidor relacionado aos problemas de custos elevados e da falta de qualidade dos produtos têm direcionado a atenção dos gestores da construção civil para a gestão de produção. Para acompanhar a ascensão do mercado da construção, a engenharia tem como desafio construir empreendimento com redução nos custos modernização de processos para se obter o menor tempo de execução e maior qualidade (DINSMORE, 2018).

Devido a essas exigências de mudanças estruturais e de comportamento, o setor da construção civil tem procurado adequar os conceitos, métodos e técnicas que foram criados para o ambiente industrial, onde se implementou procedimentos administrativos, sistemas de planejamento e controle da produção, tendo que adaptar ao ambiente da construção civil, devido ao fato que o sistema desenvolvido para o ambiente industrial não é totalmente adaptável para situações de produção que acontecem na construção civil, pois os princípios desses ambientes são divergentes devido as particularidade da construção civil (CLELAND, 2016).

Segunda a CBIC (2017), a produtividade é um dos grandes desafios para a indústria da construção civil, tendo como vista desse desafio um aumento no investimento em máquinas, processos produtivos e na qualificação da mão de obra. A CBIC (2017) ainda comenta também sobre a falta de mão de obra de qualidade e qualificada, sendo assim necessário para acompanhar o ciclo atual de produção dentro da indústria da construção, é necessário ter uma melhoria nos indicadores de produtividade, tendo assim uma ajuda na redução do impacto gerado pela escassez de profissionais capacitados.

Neste contexto é de extrema importância a preocupação com a mão de obra, onde as empresas estão investindo na capacitação dos profissionais, o desenvolvimento de métodos executivos e o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a produtividade, pois esse recurso é o responsável pela execução dos serviços existentes nessa rede produtiva tendo em vista uma melhora no setor.

Na indústria da construção civil é indispensável o investimento em gestão de controle e produção, pois com a falta de gerenciamento nesses quesitos, os empreendimentos perdem seus principais indicadores: prazo, custo, lucro, retorno sobre investimento e o fluxo de caixa. O planejamento é um modo que de certa maneira garante uma longa duração da empresa, pelo fato que com o planejamento os gerentes estão mais capacitados de darem respostas rápidas e certas por meio do monitoramento da evolução do empreendimento e do seu reposicionamento estratégico (MAXIMIANO, 2017).

De acordo com Larson (2017), existem diversos motivos para se ter um planejamento sendo um deles: Obter maior entendimento dos objetivos do empreendimento, gerando o aumento da probabilidade de executar conforme planejado. Definir todos os trabalhos a serem elaborados para tornar apto todos os participantes do empreendimento a identificar e planejar a sua parcela de trabalho. Produzir informações para decisões mais consistente. Evitar decisões erradas para projetos futuros, através de análise do impacto das decisões atuais. Melhoria no desempenho de produção através de análise de proces-

alternativos. Padronização para melhor monitoramento e controle de execução do empreendimento. Buscar experiência acumuladas em gerencia obtidas em empreendimentos executados, gerando um processo de aprendizagem contínuo e sistemático.

Atualmente as empresas que trabalham com produtividade vem adaptando ao mercado inúmeros métodos construtivos, onde tem como intuito melhorar a forma no qual os operários trabalham, dando a eles uma melhor condição de trabalho, para no fim obter um melhor desempenho produtivo em suas atividades, nessas adaptações ou adoções, temos vários fatores que são extremamente impactantes para a produtividade, dentre eles uma que ficou bastante conhecida por profissionais e acadêmicos é a “Produção Enxuta” que em comparação com a produção em massa, tem-se como objetivo a redução de tudo que está envolvido no processo construtivo, eliminando qualquer tipo de trabalho considerado desnecessário na produção de um determinado bem ou serviço, diminuindo as perdas existentes no processo construtivo (MAXIMIANO, 2017).

O presente trabalho utiliza como metodologia a pesquisa qualitativa através de um estudo bibliográfico. Segundo Gunther (2016), uma vantagem da pesquisa qualitativa é utilizar “dados que ocorrem naturalmente para encontrar sequências em que os significados dos participantes são exibidos e, assim, estabelecer o caráter de algum fenômeno.

Em resumo, percebe-se a extrema importância que o processo de planejamento e controle de produção é para o desempenho da empresa de construção e normalmente não é conduzido de forma a explorar todos os seus recursos. O presente trabalho foi motivado devido a busca do autor por uma maior excelência na gestão de produtividade das empresas, identificando as deficiências e oportunidades de melhoria no sistema de gestão adotadas nas empresas.

Considerando a exigência do mercado na melhoria da qualidade, com uma otimização no tempo de execução e redução nos gastos dos serviços, sendo gerado o problema da pesquisa em relação a má utilização ou a não utilização de sistemas de produtividade. Diante disto, formulou-se a seguinte questão de pesquisa: Como melhorar o processo de produtividade dentro das empresas construtoras e como tornar os métodos existentes, mais eficientes e utilizáveis?

O objetivo é discutir sobre gestão da produção aplicada à construção civil, do ponto de vista estrutural. Tendo como objetivos específicos: Discutir a gestão da produção aplicada à construção civil; analisar por meio de questionário como funciona em uma empresa; vincular a gestão da produção à construção civil. A gestão da produção complementa gestão tradicional projeto. Leva os pacotes de trabalho e marcos que definem os gerentes de projeto e constrói em torno deles planos viáveis para a execução do trabalho e processos transparentes para medir a produção e melhorar o desempenho.

O presente trabalho tem como objetivo geral consolidar os pacotes de trabalho e marcos que definem os gerentes de projeto, construindo em torno deles planos viáveis para a execução do trabalho e processos transparentes para medir a produção e melhorar o desempenho da produção e como objetivos específicos: analisar os conceitos básicos de produção e produtividade; identificar os principais mecanismos de gerenciamento de projetos que são capazes de definir vantagem competitiva organizacional; relacionar as influências da gestão de projetos e de manutenção e o setor de produção das empresas

2. CONCEITOS BÁSICOS DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE

A gestão da produção dentro da área de construção civil engloba uma produção de qualidade, o que demanda uma estrutura perfeita. O gerenciamento de projetos é baseado em uma estrutura hierárquica com o gerente de projeto no ápice. O gerente de projeto planeja o projeto, aloca trabalho para os empreiteiros, monitora o progresso e dirige os contratantes quando os planos têm de ser mudados. Projeto e construção são subcontratados a fornecedores que planejam e administram o seu próprio trabalho para além da visão do gerente de projeto (BANKI, 2016).

O termo produtividade pode se definir com diversas variações de acordo com o dicionário de língua portuguesa (SOUZA, 2016, p. 21). Portanto quando se limita essa palavra ao meio da construção civil existe maior associação com produção, de forma simplista, capacidade de produzir. Para o citado autor o planejamento da produtividade é um fator de extrema importância, pois de nada adianta ter uma produtividade grande que não terá proporcionalmente uma grande produção, ou seja, grandes esforços que geram pequenos resultados.

Um bom planejamento da produtividade faz com que esse esforço seja reduzido gerando resultados significativos. A quantidade de serviço realizada em um processo de produção deve estar relacionada diretamente com os recursos utilizados no tempo, com o intuito de assimilar produtividade a um "sistema" que atinge o objetivo de produção (SOUZA, 2016).

Focando nos processos de produção que atingem vários processos e sendo tratado com foco neste artigo, destaca-se o sistema de Produção Empurrada que é determinado a partir do comportamento do mercado. Ou seja, a produção começa antes da ocorrência da demanda pelo produto, sendo necessário volume de mercado elevado e levando a produção a ser conduzida por lotes de tamanho padrão sem qualquer relação com a real demanda dos clientes da empresa. Na produção puxada que será o tema principal do artigo, também teve a sua origem no sistema inglês assim com a Produção Empurrada. Nesta modalidade, acontece o contrário da Produção Empurrada, ou seja, os sistemas controlam as operações fabris sem a utilização de estoque em processo levando o fluxo de materiais e processo a receber uma elevada importância (SOUZA, 2016).

A semelhança entre produtividade e produção ultrapassa a barreira dos dicionários, sendo uma realidade para os gestores e administradores do ramo da construção civil, que acaba confundindo os conceitos entre esses termos, pois utilizam suas informações de produtividade como indicador de produção.

A produtividade na construção civil está associada ao melhor método de usufruir dos produtos acessíveis no canteiro. Com isso, conclui-se que deve ser elaborado melhores estratégias para se obter melhor utilização do espaço físico, dos materiais, ferramentas e locomoção dentro da obra, tanto de materiais e equipamentos, como de pessoas, sem esquecer das técnicas utilizadas para o gerenciamento como do mais importante que seria a mão de obra. (COSTA *et al.*, 2015)

A produtividade está diretamente relacionada a quantidade de horas que é gasta no processo e a quantidade que é produzida, tal como a condição dada para se realizar tais

procedimentos. O indicador de produtividade tem como objetivo, monitorar o processo no qual o indicador está sendo aplicado, para que se possa tomar decisões futuras para se obter melhorias contínuas ou a utilização de modelos de planejamento no qual foram bem-sucedidos.

A medição de produtividade de serviços na obra, tem gerado um desafio para as construtoras, devido ao fato de não existir na maior parte das ocasiões uma sistemática para implementação desse controle, por meio do recolhimento de dados, utilizando os mesmos para gerar melhorias nos indicadores. A utilização de indicadores de produtividade, é um fator de grande importância para se ter um controle e organização das metas de produção, conforme a realidade da obra (SOUZA *et al.*, 2016).

3. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Não obstante o desempenho observado ao longo da constante evolução da construção civil brasileira, têm-se notado, também, transformações no que concerne às práticas de gestão desse segmento, evidenciando que cada vez mais os projetos de construção (obra) sofrem reformulação importantes ou até mudanças radicais, quando compreendidos sob outros olhares.

A importância da gestão de projetos está no acúmulo de conhecimento passado para aplicação futura. A prática de gestão de projetos “reúne informações e as transforma em resultado, isto é, formaliza, captura e faz a alavancagem deste conjunto para produzir um ativo de valor ainda maior” (KERZNER, 2016, p. 18). Para o autor, os benefícios da gestão de projetos seriam o maior controle das mudanças de escopo, o aumento da qualidade, produção de soluções, a proximidade dos clientes, entre outros.

O gerenciamento de um projeto abrange diversas etapas. A primeira consiste no estudo de viabilidade (técnica e econômica). Uma vez que o projeto tenha sido considerado viável, inicia-se a etapa de elaboração de um projeto básico. A próxima etapa consiste no projeto detalhado, e, por fim, a implantação do objeto do projeto. De fato, gerenciar um projeto é exercício que exige bastante conhecimento, competências, habilidades técnicas e capacidade de perceber as necessidades de intervenções (PRADO, 2018).

Segundo versa o documento do PMI, o gerenciamento dos projetos é aplicação de conhecimentos, de habilidades e de técnicas para execução de projetos de forma efetiva e eficaz, de acordo com Waslawick (2018) trata-se, pois, de competência estratégica para organizações de construção (obras), permitindo com que elas unam os resultados dos projetos com o objetivo do negócio – e, assim, competir no mercado, o gerenciamento de projetos é a “aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto para atender aos seus requisitos”.

Ainda conforme o documento que norteia a gestão de projetos, esta etapa é realizada por meio da aplicação dos processos de gestão de projetos, agrupados em cinco grupos de processos: fase de iniciação, de planejamento, execução, controle e encerramento. A gestão de projetos adquiriu uma importância significativa, conforme entendimento de Trentim (2016), uma vez que dele se constituem orientações para a conclusão eficiente e

resolutiva de um projeto.

Esse resultado é alcançado quando projeto é concluído em todos os estágios do planejamento, isto é, se o mesmo é compatível com prazos acordados e custos estabelecidos, algo que pode dar certo em termos de projetos que ocorrem no contexto industrial produtivo. Os projetos industriais mobilizam diferentes stakeholders, ou agentes. As particularidades determinam atuações de cada agente envolvido: clientes, os profissionais de projeto, consultores e construtores, cada qual com os objetivos e perspectivas particulares.

Segundo entendimento de Mendes (2015), clientes demandam conformidade com o cronograma, orçamento e a qualidade especificada; projetistas buscam uma geração contínua das receitas, reconhecimento profissional e emprego mínimo de recursos; construtores procuram meios e abordagens viáveis, com um cronograma factível, um canteiro seguro e uma rentabilidade adequada.

Em conformidade com o que expõe Maximiano (2017), a gestão de projetos é um ambiente integrador, e esta integração exige que cada processo seja associado e conectado a outros processos para facilitar a sua coordenação. No início dos projetos, são os processos de iniciação que consomem a maioria dos recursos. Com o decorrer do tempo, o planejamento estratégico institucional, seguido de processos de execução e de encerramento, passam a consumir mais recursos na produção de bens

A importância do gerenciamento de projetos para uma empresa estabilizada no mercado de atuação passa pela capacidade de inovação para conquistar novos clientes objetivando manter e até melhorar sua posição no mercado. Isto por que a complexidade alcançada pela empresa contemporânea exige habilidades gerenciais específicas para decidir e agir no contexto de riscos e incertezas (KERZNER, 2016).

O Gerenciamento de Projetos envolve, então, além dos aspectos técnicos, aspectos organizacionais, administrativos e humanos. Envolve, antes de tudo, uma íntima integração entre as partes, que confluência no atendimento dos aspectos e pressupostos teóricos que constituem o projeto em si. Ao adentrar no limite da racionalidade humana, entramos também em outros limites como o da valoração, que é qualificada como o processo final da tomada de decisão onde a preferência sobre alternativas e consequências é escolhida por intermédio do conhecimento que é a “ponte” que as unem (BARROS, 2018).

A racionalidade não deve ser esquecida no processo de construção e elaboração do projeto, estando a mesma vinculada ao que Simon (2017) definiu como uma limitação humana a todas as informações, as percepções e controle sobre tudo que rege alguma prática de gerenciamento. Logo, por meio da racionalidade humana, não é possível o gerente de projeto contemplar todos os vieses de um projeto, considerando a falta de acesso a todas as informações e a outros indicadores. Mas, obviamente, um gerenciamento feito de maneira exemplar e cuidadosa, constitui-se como uma importante ferramenta de mudança e ampliação da capacidade produtiva do empreendimento.

O conhecimento gerado no processo de implementação de projetos pode aumentar aspectos da racionalidade humana, contribuindo para o sucesso dessas soluções nas organizações, sendo um instrumento para alcance dos seus objetivos e auxílio nas decisões.

Telles (2015) indica outros fatores de sucesso para o sucesso de projetos:

A gestão ou gerência de projetos é, e sempre foi, fator essencial para o sucesso de sua execução. Uma boa gestão resulta entre outros, na diminuição do ciclo de vida do projeto, redução de custos e aumento da confiança e satisfação do cliente. O planejamento é essencial para o sucesso de um projeto e deverá fazer parte do ciclo de vida do projeto. As alterações deverão ser planejadas durante a execução do projeto. No gerenciamento de projetos, como envolve mudanças, e essas, muitas vezes estão associadas a desconforto, o fator humano deve ter tratamento cuidadoso para que o desempenho dos projetos não seja afetado negativamente. O sucesso ou insucesso no gerenciamento depende muito do próprio desempenho das pessoas, justificando-se assim a atenção do trabalho ao gerenciamento dos aspectos humanos dentro de projetos (TELLES, 2015, p. 18).

Cleland e Ireland (2016) afirmam que a gestão de projetos, quando implantado em sua totalidade, tem o potencial de fornecer os meios eficazes para criar e apresentar novos produtos. O processo de gerenciamento, de acordo com o entendimento dos autores, é agilizado e, evidentemente, o enfoque específico é resultado final a ser apresentado para os clientes. Os autores salientam o ganho significativo que tanto as empresas quanto as pessoas obtêm ao utilizarem processos aperfeiçoados que forneçam uma solução ótima para as exigências empresariais.

4. O GERENCIAMENTO DE PROJETOS GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Segundo a NBR 5462 (2017), manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou realocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Os gastos com manutenção no Brasil equivalem a 4,10% do Produto Interno Bruto, enquanto que a média mundial é de 4,12% conforme dados do documento nacional bianual de manutenção da Associação Brasileira de Manutenção, apresentado no Congresso Brasileiro de Manutenção em 2005 (XENOS, 2018).

Todas as instalações (isto é, máquinas, equipamentos, edifícios e acessórios) de uma produção têm probabilidade de quebrar. A "avaria" pode ser somente parcial, por exemplo, máquina está conseguindo trabalhar com a metade de sua velocidade normal. Alternativamente, também pode ser o que normalmente chamamos de "falha" – uma interrupção total e repentina da produção (MARCORIN; LIMA, 2016).

Para Pompermayer (2017), a concepção de manutenção se manifesta como um conjunto de ações necessárias para desenvolver políticas específicas de manutenção na organização de produção, o que leva de manifesto ter um objetivo. É a customização da forma como a organização pensa sobre o papel da manutenção, vista como uma função operativa. Assim, a concepção da manutenção se traduz em conjunto de formas de intervenções de manutenção e da estrutura, nas quais as intervenções serão realizadas.

Diante da importância crescente da manutenção, percebe-se como relevante para as organizações, cujo negócio não é a manutenção, identificar se e como a função manuten-

ção, sendo está uma função de suporte ao negócio, pode contribuir para ajudar a organização a alcançar objetivos estratégicos e quais as competências da função manutenção, uma vez alinhada à estratégia da empresa e quais objetivos de desempenho devem ser priorizados nessa função e quais indicadores devem ser utilizados visando avaliar desempenho da função manutenção e contribuição para o negócio da organização (MARCORIN; LIMA, 2016).

A manutenção é vista como combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar a função requerida. Ou seja, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que o equipamento continue a desempenhar funções para as quais foi projetado, no nível de desempenho exigido. Xavier (2015), nesse sentido, salienta que projetos bem gerenciados diminuem incertezas e atingem a satisfação dos clientes.

Para o autor supracitado, o sucesso de um projeto vai além da entrega que atinge o escopo, prazo e custo previsto, objetivando a satisfação das demandas e garantindo desempenhos produtivos contínuos. Outro indicativo de sucesso para o gerenciamento de projetos é, sem dúvida, o aprendizado armazenado para projetos futuros, que tende a crescer exponencialmente na forma de incrementos estruturais e conhecimento (XAVIER, 2015). Diante disso, procura-se verificar como a literatura acadêmica aborda as lições aprendidas na implementação de projetos e, a partir dessas percepções fundamentais, orientar o processo com base no que o contexto exige, atendendo, também, a outros indicadores importantes.

As atividades de manutenção existem para evitar degradação das máquinas e instalações, causada pelo desgaste. A degradação se manifesta de diversas formas, desde a aparência externa ruim dos equipamentos até as perdas de desempenho e paradas da produção. Muitas empresas estão conscientes dos desafios da função de manutenção e implementam políticas ou estratégias para fazer dela uma função com a mesma importância que outras funções da organização, ou seja, a função manutenção é parte integral de estratégias que a organização deve implementar para ser a melhor. Considerar a manutenção somente como uma função tática e operacional é ter uma visão míope (CARVALHO, 2017).

Também tem uma dimensão estratégica visando aspectos como: definição da concepção da manutenção, gestão dos recursos à disposição da função, elaboração de programas de manutenção, melhoramento das capacidades dos colaboradores, aumento do desempenho dos equipamentos e obtenção da tecnologia necessária para manter os bens durante sua vida útil. Segundo Branco Filho (2018, p. 58):

Devido ao aumento da disponibilidade dos equipamentos, as ações preventivas podem favorecer paradas imprevistas, garantindo assim a produtividade em índices elevados. Além disso, as organizações têm se dedicado intensivamente às suas atividades fins, deixando as atividades meio, como manutenção, para empresas e profissionais especializados. O objetivo da Gestão de Paradas. Estas buscam assegurar que o processo de planejamento siga modelo estruturado no qual riscos de cada etapa, que envolve recursos humanos e materiais, sejam avaliados.

Para resolver ou até mesmo evitar as falhas/avarias nas instalações prediais, a ma-



manutenção se faz necessária. Essa ação é uma parte importante da maioria das atividades de produção, especialmente aquelas cujas instalações físicas exerce um papel imprescindível na produção de seus bens e serviços. De acordo com o entendimento de Cavalieri (2017), a finalidade da manutenção é permitir confiabilidade de capacidade à planta industrial. E seguindo este raciocínio, o autor aqui conclui que, é preferível investir em equipamentos que cada vez menos necessitem de intervenção, ao invés de se adotar a política que busque ser eficiente na reação e reparo.

A manutenção tem que ter a instalação adequada e sempre disponível às necessidades da empresa, fazendo uso dos conceitos e métodos da qualidade no exercício de suas atividades, atendendo assim as necessidades de seu cliente através da produção. Além disso, a manutenção está ligada a procedimentos de combate às falhas e suas causas, ao bom entrosamento da equipe, ao aumento da produtividade e à definição dos procedimentos da organização. Conforme afirma Xenos (2018, p. 49), não existe qualidade sem a participação de todos os setores da empresa, ou seja, todos os setores têm que estar direcionados para os objetivos da empresa.

Pode-se conceituar a inovação da gestão da manutenção como um processo sistemático, planejado, gerenciado, executado e acompanhado sob a liderança da alta administração da instituição, envolvendo e comprometendo todos os gerentes, responsáveis e colaboradores da organização. É um trabalho em equipe que tem por finalidade assegurar o crescimento de seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na gestão assegurando a eficiência de serviços, via adequação contínua da estratégia, sua capacitação e sua estrutura, possibilitando enfrentar as mudanças previsíveis no seu ambiente externo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo busca identificar de que maneira a gestão de projetos pode positivamente influenciar na gestão da manutenção no setor de produção. A maneira usual de controlar custos é ter um preço máximo garantido dado pelo gerente de construção durante a fase posterior do desenvolvimento do projeto ou fase inicial de documentos de construção que se baseia em uma boa compreensão da intenção de arquitetura. Dessa forma foi analisada a Construção Puxada na Engenharia Civil, e visto que propicia a Redução no prazo de entrega, otimização dos processos de construção e da engenharia sustentável.

Falhas de frequência repetitiva ou ao acaso podem estar ligadas ao que se majoritariamente chama-se tempo útil único ou etapa de equilíbrio da máquina. No todo, a frequência de tais erros é ínfima se comparado aos erros com frequência alta ou baixa, e que podem ser associadas ao emprego de diligências, falhas na manutenção das operações e a não depreciação do equipamento.

À medida que o projeto progride, é o papel do gerente de construção para gerenciar os custos. À medida que o preço de um produto aumenta o custo de outro terá que ser reduzido. Alguns contratos vão levar uma contingência design, que é susceptível de ser consumida até o final desta fase. Uma equipe experiente com boas habilidades de comunicação irá manter o orçamento através de construção. Ainda assim, é uma jornada na

incerteza.

Conclui-se que é importante, para finalizar, compreender que a percepção sobre os riscos e a continuidade do projeto podem diretamente desencadear um conjunto de problemas e desafios, inclusive refletindo negativamente na questão de manutenção e ajustes nos maquinamentos e processos industriais e produtivos, comprometendo eficiência e eficácia das ações desenvolvidas.

Referências

- BANKI, A.L. **Método do pilar-padrão com rigidez aproximada. Informativo da Comunidade AltoQi**. 2016. Disponível em: www.altoqi.com.br/Suporte/html/informativo.htm. Acesso em: 02 abril de 2021.
- BRANCO FILHO, Gil. **A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2018.
- CARVALHO, Marly Monteiro, et al. Equivalência e completeza: análise de dois modelos de maturidade em gestão de projetos. **Revista de Administração-RAUSP**, 2017.
- CAVALIERI, Adriane. **Como se tornar um profissional em Gerenciamento de Projetos: livro-base de Preparação para Certificação PMP – Project Management**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2017.
- CLELAND, David L.; IRELAND, Lewis R. **Gerência de Projetos**, Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2016.
- COSTA, D. B. et al. Implementação de sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos à base de cimento. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Juiz de Fora, p. 97-104. Out. 2015
- DINSMORE, P. **Winning in Business with Enterprise Project Management**, New York: AMACOM, 2018
- KERZNER, Harold. **Gestão de Projetos: As Melhores Práticas**. Bookman Editora, 2016.
- LARSON, Erik W.; GRAY, Clifford F. **Gerenciamento de Projetos: O Processo Gerencial**. McGraw Hill Brasil, 2017.
- MARCORIN, Wilson R.; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, 2016.
- MAXIMIANO, Antonio C. A. **Administração de Projetos: como transformar idéias em resultados**, Atlas, 2017.
- POMPERMAYER, Cleonice Bastos. **Sistemas de gestão de custos: dificuldades na implantação**. Revista da FAE, 2017.
- PRADO, Darci. **Gerenciamento de portfólios, programas e projetos nas organizações**. Nova Lima: INDG, 2018.
- SOUZA, U E. L. de. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2016.
- XAVIER, Francisco José Cavalcante. **Manutenção como Atividade de Gestão e Estratégia: Um Estudo na Empresa alfa do Polo Industrial de Manaus**. 2015.
- XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2018, 171.

CAPÍTULO 43

GESTÃO DE ESTOQUES

IVENTORY MANAGEMENT

Sarah Monique Coqueiro Veras¹

¹ Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

A importância de administrar os estoques de matérias-primas é tão antiga quanto a existência da vida humana. Além disso, com o surgimento da Revolução Industrial, no século XVIII, e com o início da inovação tecnológica e a disputa no mercado pelas primeiras indústrias, principiou a necessidade de melhorias no controle dos materiais que eram comprados, trocados ou produzidos, ainda que tivessem pouco conhecimento ou definição do que seria encabeçar os materiais. Por fim, surgem várias nuances no que tange ao controle de estoque eficiente, por exemplo, a má gestão de estoque causa prejuízo à empresa, tendo em vista que o armazenamento de produtos tem um custo e, quanto mais tempo eles ficam sem giro, maiores serão os consumos para a sua manutenção. Ademais, as mercadorias estacionadas são sinônimas ao capital parado. Por isso, o tratamento dos temas dos controles logísticos no centro do comércio e indústria é muito importante para que as empresas busquem sempre a melhoria contínua de seus processos. Logo, o problema estudado foi como a administração correta dos insumos tem impactos relevantes dentro dos segmentos industriais? Sendo que, quando os processos estão todos alinhados e claros, o controle efetivo do estoque corre em equilíbrio. A metodologia utilizada neste estudo bibliográfico é de caráter descritivo com o intuito de identificar como o controle de estoque bem elaborado é essencial dentro de qualquer corporação, sejam elas de todos os tamanhos. Por fim, este estudo deduz-se por apresentar os principais esquemas que indicam relações entre conceitos ou entre palavras com a finalidade de representar este conhecimento.

Palavras-chave: Controle de estoque. Administração. Redução de custos.

Abstract

The importance of managing raw material inventories is as old as the existence of human life. In addition, with the emergence of the Industrial Revolution, in the 18th century, and with the beginning of technological innovation and the dispute in the market for the first industries, the need for improvements in the control of materials that were purchased, exchanged or produced, even if they had little knowledge or definition of what would be heading the materials. Finally, there are several nuances regarding efficient inventory control, for example, poor inventory management causes damage to the company, given that the storage of products has a cost and the longer they are without turnover, the greater the will be the consumption for its maintenance. Furthermore, stationary goods are synonymous with stationary capital. Therefore, dealing with the issues of logistical controls at the heart of commerce and industry is very important for companies to always seek the continuous improvement of their processes. Therefore, the problem studied was how does the correct administration of inputs have relevant impacts within the industrial segments? Since, when the processes are all aligned and clear, effective inventory control runs in balance. The methodology used in this descriptive bibliographic study aims to identify how well-prepared inventory control is essential within any corporation, be they of all sizes. Finally, this study is deduced by presenting the main schemes that indicate relationships between concepts or between words in order to represent this knowledge.

Keywords: Inventory Control. Management. Cost Reduction.



1. INTRODUÇÃO

O presente estudo trata-se sobre o controle de estoque, e como o avanço da globalização aumentou a demanda do mercado e a cada dia que passa torna-se mais concorrente, portanto, a gestão de estoque, hoje, é indispensável para que as empresas possam se manter fixas e organizadas, a condução do armazenamento de insumos tem a função entre outras de garantir a sustentabilidade da empresa em ocasiões de quedas de consumo ou por qualquer outro motivo que venha contribuir para a redução dos custos.

O estudo tem por finalidade descrever assuntos pertencentes ao controle efetivo de estoque, a cerca de sua manutenção, melhoria contínua e inovações. Nesse sentido, algumas companhias já buscam explorar as técnicas inovadoras na área de controle de estoque e processamento, definindo o destaque do conceito do controle de estoque e do processo da acumulação correta de insumos dentro de qualquer empresa, ou em qualquer espaço de atuação, seja por meio de ferramentas de gestão ou estratégias técnicas.

Como justificativa dessa investigação, pode-se apontar que a sua finalidade é de compreender a importância do controle efetivo de estoque e o seu processo de melhoria e corroborar os impactos resultantes de uma cadeia de suprimentos má administrada e sem planejamento, e como afetam todos os processos dentro de uma companhia, seja de forma direta ou indireta. Também, apontar possíveis medidas para a mitigação dos possíveis efeitos advindos da falta de integração entre as partes que administram os estoques versus as áreas integrantes da fábrica.

Ou seja, o investimento feito na compra desses materiais não está retornando para a empresa — e isso tem impacto direto nas finanças corporativas. Diante dos fatos dispostos, e de se ter ciência de como é essencial manter o estoque controlado e ativo, o que pode acarretar a uma companhia de um determinado tipo de serviço à falta de controle de materiais?

O objetivo geral estabelece os procedimentos considerados corretos quanto à apresentação de uma revisão de literatura no que concerne a importância da gestão de estoque dentro de uma fábrica. Também, apontar definições, tipos de estoques, pontos positivos em um controle eficaz e eficiente. Igualmente, apontar alguns métodos da administração de armazenagem, além de relacionar alguns diagramas para obter eficácia na gestão de estoque e apresentar através de bibliografias prováveis medidas para evitar uma má administração de estoque.

No capítulo 2 abordaremos sobre os conceitos do que seria estoque e suas classificações, o que seria exercer uma gestão com planejamento para garantir um controle eficaz e rentável, os sistemas utilizados nesse tipo de processo que garantem o manejo dos artefatos alinhados tanto de forma física como virtual. Também, no capítulo 3 será especificado o que seria os centros de armazenagem e como funcionam em termos operacionais.

O tipo de elaboração realizada neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consultas a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através

de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de bancos de dados, etc.) livros, artigos, e meios eletrônicos nos últimos dez anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: controle de estoques, administração e redução de custos.

2. ESTOQUE

A incessante busca pela melhoria de processos em prol de maiores ganhos competitivos no mercado requer gerenciamento de qualidade em todas as etapas do processo produtivo, um excelente controle de estoques ajuda na redução de valores monetários envolvidos, de forma a mantê-los os mais baixos possíveis, mas dentro dos níveis de segurança e dos volumes para o atendimento da demanda.

Segundo Tubino (2008, p. 67), “as empresas trabalham com estoques de diferentes tipos que necessitam ser administrados [...]”. Todavia, a gestão de estoques é uma das atividades mais relevantes de uma manufatura. Em suma, ela trata da administração de estoques na busca por níveis resguardados de material. Um dos principais motivos para se ter um bom planejamento e controle de estoques é o grande impacto financeiro que é possível alcançar através do aumento da eficácia e eficiência das operações da Organização

Para Ballou (2007), os estoques são acúmulos de matérias-primas, insumos, componentes, produtos em processos e acabados que aparecem em numerosos pontos por todos os canais logísticos e de produção na empresa ou certa quantidade de itens mantidos em disponibilidade constante e renovados, permanentemente, para produzir lucros e serviços. Lucros provenientes das vendas, e serviços, por permitir a continuidade do processo produtivo das empresas.

Os estoques representam acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de um processo de transformação. Este acúmulo de materiais significa acréscimo nos custos para a organização e propicia a gestão de estoques (CORRÊA; GIANESI; CAON, 2001). Segundo Provin e Sellitto (2011), qualquer indústria deve possuir um depósito utilizado para armazenar os materiais que são aplicados em atividades desenvolvidas nas operações internas e externas de cada empresa.

Segundo Ferreira (2007), o estoque, diz respeito às mercadorias, produtos ou outros elementos na posse de um agente econômico. Sendo utilizado, especialmente no domínio da logística e da contabilidade, ou seja, os estoques são referências aos materiais e suprimentos que uma empresa utiliza para os seus negócios próprios, em execuções de serviços, para a produção de seu produto ou suprir a necessidade da própria empresa.

Ainda para Ballou (2007), o controle de estoque está inserido na logística como um conjunto de atividades funcionais que é repetido muitas vezes ao longo do canal de suprimentos através do qual as matérias-primas são convertidas em produtos acabados e o valor é adicionado aos olhos dos consumidores.

Segundo Guarnieri et al (2006), as atividades que são ligadas ao estoque são o recebimento dos artefatos, inspeção, contagem, alocação, estocagem adequada, separação



quando surge a programação, embalagem dependendo do tipo de segmento da empresa, carregamento, expedição, emissão de requisições e notas fiscais, inventários, que, agindo de forma integrada garante harmonia e clareza no processo.

De acordo com Borges et al (2010), um excelente controle de estoques contribui para a diminuição dos valores monetários envolvidos, de forma a condicioná-los mais baixos possíveis, mas, dentro dos níveis de asseguração e dos volumes para o atendimento das programações. Portanto, cabe aos gerentes e administradores manterem atitudes arrojadas e controladas com relação ao estoque, porque itens em armazenamento sem giro podem se tornar ultrapassados com o tempo.

Para Viana (2002), as principais causas que exigem estoque permanente para o imediato atendimento do consumo interno e das vendas nas empresas é necessidade de continuidade operacional, incerteza da demanda futura ou sua variação ao longo do período de planejamento e disponibilidade imediata do material dos fornecedores e cumprimento dos prazos de entrega.

Reforçando que, de acordo com Moreira (2008), há dois pontos principais segundo os quais a gestão de estoques adquire importância e merece cuidados especiais: o operacional e o financeiro. Concluindo, portanto que, a gestão de estoques surgiu como uma prática ou forma de gerenciamento para redução dos desnivelamentos entre o fornecimento e a demanda.

Logo, Christopher (1997), argumenta que um dos princípios básicos do custeio logístico é que o sistema deve refletir o fluxo de materiais, isto é, ele deve ser capaz de identificar os custos resultantes do fornecimento do serviço ao cliente. Um segundo princípio, segundo este autor, é que ele deve possibilitar uma análise separada de custos e receitas, por tipo de cliente e por segmento de mercado ou canal distribuição.

O estoque, normalmente, é considerado como —dinheiro parado e, por isso, deve-se comprar e produzir somente o que será realmente utilizado. Porém, no entanto, o tipo de produto, de negócio e de estratégia será o fator resolutor. Exemplo claro da necessidade de um sistema organizado e baseado nas necessidades do cliente, é a de bens de consumo, tais como refrigerantes, sucos, chocolates, palha de aço, etc. Estes produtos, geralmente, são vendidos em varejos e se não estiverem disponíveis ao consumidor, provavelmente, serão comprados do concorrente, por isso, a gestão e o planejamento de estoques é essencial para a indústria.

2.1 Gestão e planejamento de estoques

A melhoria da gestão de estoques nas últimas duas décadas, teve como fator principal o aumento da exigência do mercado consumidor. Além do mais, o grande aumento das variedades de produtos, modelos, cores, embalagens; o crescente aumento de entregas diretas ao consumidor, também trouxeram novas demandas para as operações de armazenagem, obrigando as empresas a reestruturarem os seus processos, adequarem-se à variedade de itens e reduzir o tempo do prazo de entrega (LIMA, 2002).

Em razão da existência de grande dificuldade em manter um ótimo sincronismo entre fornecimento e demanda dos produtos em estoque, tem-se, segundo Bonaparte (1998), a necessidade de um planejamento regulado à principal característica desses materiais que é a ambiguidade quanto à quantidade e à data de utilização. Esse planejamento se baseia no conceito da utilização de médias, de dados passados e de parâmetros para, com base neles, evidenciar a quantidade de estoque a serem mantidas.

Segundo Pimenta (2003), o controle é um elemento essencial e fundamental em todas as etapas dos sistemas produtivos, desde o planejamento da produção, passando pela entrada da matéria-prima até a expedição do produto acabado. O controle de estoque como objetivo primário visa dar ao dirigente integral conhecimento de todas as etapas do processo de estocagem, desde o planejamento de compras até o consumo do estoque pela produção, de forma a aperfeiçoar o investimento em estoque, aumentando o uso dos meios internos da empresa e diminuindo as necessidades de capital investido e os tempos de setup de produção, bem como evitando falta de matéria-prima.

Conforme Ballou (2006), o manuseio de materiais é uma atividade suplementar, mas que assume grande importância por influenciar no tempo necessário ao processamento de pedidos dos clientes. São atividades de considerável custo para a organização e requer um cuidadoso gerenciamento. Este gerenciamento pode produzir economias substanciais e melhoria dos serviços aos clientes no decorrer do tempo.

Segundo Baptista et al (2006), os custos associados ao armazenamento podem ser classificados em três grupos, sendo esses: custos associados à existência física de estoques; custos de oportunidade do armazenamento dos estoques; custos de perdas durante o armazenamento, que podem resultar de produto deteriorado, com ou sem reflexos em termos de segurança alimentar, e de roubo. O funcionamento adequado do armazém exige que o mesmo disponha de um sistema rápido para transferência da carga, imobilizando o veículo durante o menor tempo possível.

O gerenciamento é uma das principais armas para a objetividade de uma política de estoque que vá ao encontro dos propósitos macros da empresa e, ao que tudo indica, podem abranger metas de níveis (quantidade) de estoque, metas de giro de estoque, organização de inventários, metas de acuracidade (confiabilidade/assertividade) dos inventários, políticas exclusivas (específicas) para itens importados e metas de níveis de atendimento aos clientes (definir o nível de serviço específico para cada cliente).

É essencial que uma empresa tenha informações de estoque confiáveis para dar fluxo a todas as operações. Por exemplo: quando determinado cliente solicita algum produto com urgência. O vendedor consulta o sistema e verifica que possui o produto e que pode atender a necessidade deste cliente prontamente e, no momento que envia para o armazém a ordem de separação, o produto não é encontrado fisicamente, o vendedor é obrigado a ligar para o cliente e informar que não vai mais atender ao seu pedido com a urgência prometida.

Bowersox et al. (2006), afirma que, o gerenciamento de estoque é o processo integrado pelo qual são regradas as políticas da empresa com relação ao estoque. A abordagem usa a demanda dos clientes para deslocar os produtos para a distribuição. Para se propuser e organizar um setor de controle de estoque, inicialmente devem-se considerar



suas principais funções, tais como determinar o que deve permanecer em estoque, quando se deve reabastecer o estoque, a quantidade de estoque necessário, acionar o departamento de compras para executar a aquisição de materiais, controlar o estoque, manter inventários e identificar e retirar do estoque os itens danificados.

Com esses fatores passou-se a ter uma nova visão empresarial sobre a gestão de estoques como sendo uma atividade estratégica e operacional, sobretudo, uma ferramenta gerencial importante que pode gerar vantagens competitivas para as instituições. Nas grandes cooperações é costumeiro identificar na estrutura organizacional a existência de uma gerência de *Supply Chain* (ou suprimentos) onde as atividades logísticas estão alocadas, ao contrário da situação de um passado recente, em que a logística era confundida com transportes e estava numa hierarquia bem inferior nos organogramas das empresas.

Finalizando, portanto que, o gerenciamento de estoque é fazer total planejamento de como controlar os materiais dentro de uma indústria ou organização. Primando para que mantenha o equilíbrio gerencial com base no que a empresa necessita para as determinadas áreas de estocagem, objetivando manter a saúde entre o estoque e o consumo. Na maioria dos casos, o custo advindo da permanência de estoques, pode ser tão relevante como o custo envolvido em sua falta, por este motivo, faz-se necessário um efetivo processo de gestão (LOPES; LIMA, 2008)

Ainda fundamentado em Fleury, Wanke e Figueiredo (2000), pode-se afirmar que a Gestão de Estoques é, também, um instrumento do marketing, dado que, a mercadologia planeja as campanhas de lançamento dos produtos e o setor de logística tem que realizar suas atividades de forma que estes planos sejam disponibilizados, dentro dos feedbacks estabelecidos pela indústria. Em outros termos: marketing planeja e a gestão de estoques ajuda a realizar. Ou seja, a logística deve ser vista como ferramenta gerencial capaz de agregar valor, o que é visualizado pelo cliente por meio da sua visão do nível de serviço oferecido pela companhia.

Portanto, é fato que as empresas tenham informações de estoques confiáveis e, uma das ferramentas para isso é o inventário, que consiste na contagem física dos itens em comparação com o estoque virtual e físico, para que as diferenças sejam verificadas em relação ao estoque contábil e, assim, os ajustes necessários sejam executados. Existem diversas formas de se realizar um inventário, ficando a critério de a empresa selecionar a melhor maneira de conferência e garantir a confiabilidade das informações. Assim sendo, existem formas para inventariar, conforme demonstrado no Quadro 1 (um) se seguir:

Quadro 1 – Tipos de inventário

| TIPOS | DESCRIÇÃO |
|---------------------|---|
| Inventário geral | É o processo de contagem física de todos os itens da empresa em uma data pré-fixada. É utilizado, usualmente, no fechamento contábil do exercício anual ou em inventários mensais/ trimestrais, para "fechamento" dos custos. |
| Inventário dinâmico | É o processo de contagem física de um item sempre que este atinge alguma situação pré-definida. Exemplo: a contagem pode acontecer quando o estoque de um determinado item ficar zerado. |

| | |
|-----------------------|---|
| Inventário rotativo | É a contagem física, feita de maneira contínua, dos itens em estoque, programados de modo que os itens sejam contados, de acordo com sua importância, a uma frequência pré-determinada. Estas contagens são feitas, de modo geral, diariamente. |
| Inventário amostragem | É empregado em procedimentos de auditoria, valendo-se de uma abordagem estatística. Neste caso, são contados apenas alguns itens que representem uma boa amostra do universo de itens da empresa e, pelo resultado da amostragem, verificando se os métodos de controle estão sendo bem executados. |

Fonte: Adaptado de Sucupira e Pedreira (2008)

2.2 Sistemas de gestão de estoques

Todos os objetivos da empresa devem ser bem definidos e é essencial que se desenvolvam estratégias em prol das mudanças do ambiente externo e interno que permitam manter o equilíbrio. As novas tecnologias não apenas modificam o ambiente como também auxiliam na competitividade, e a logística tem que se valer da informação como uma arma, a qual se torna um pré-requisito para o sucesso empresarial (CLOSS, 1997).

Posteriormente, o MRP consiste em minimizar o investimento em inventário, obtendo o material certo e na quantidade necessária no momento correto. A implantação do MRP I tem por principal objetivo diminuir custos de estoque, controle de produtos perecíveis, diminuição da improdutividade, diminuição do custo de materiais e diminuição do custo de compra (SLACK et al., 2009).

Segundo Corrêa (2007), o MRP II diversifica-se do MRP I pelo tipo de decisão de planejamento que orienta, enquanto o MRP I conduzem as resoluções de o que, quanto e quando produzir e comprar, o MRP II integra também as decisões referentes à como comprar, ou seja, com que capital. Ressalvando que, os gerentes precisam estar acomodados com os principais detalhes das entradas e saídas, e do processamento do MRP II.

O mesmo autor completa que com a implantação do sistema MRP II as vantagens obtidas torna-se mais eficientes em termos de redução de estoques, maior rotação de estoques, maior consistência nos tempos de entrega ao cliente e redução nos tempos de mão de obra. Portanto, o sistema MRP II pode fornecer aos gestores da empresa os dados e as ferramentas necessárias para a tomada de decisão, escolhas diárias e execução dos objetivos de curto, médio e longo prazo.

Outro sistema integrado e muito importante para a gestão de estoques é o SAP ERP (Planejamento de Recursos Empresariais) no qual este sistema facilita o fluxo de averiguações entre todos os compromissos da indústria, desde a logística até os principais setores como o financeiro e o administrativo. Refere-se a um banco de dados que opera em um local comum que compartilha com um conjunto ambientado de aplicações, con-

solidando todas as operações o negócio em um simples ambiente computacional (SLACK et al., 2009).

Logística de distribuição física: as atividades relacionadas com o fornecimento de serviços. Estão envolvidos nestas atividades o recebimento e processamento de pedidos, o posicionamento de estoques, a armazenagem e o transporte dos produtos finais dentro de um canal de distribuição. O principal objetivo da distribuição física é prestar níveis desejados de serviços ao cliente, ao menor custo (ZANDEVALLI, p.22, 2004).

3. CENTROS DE ARMAZENAGEM

O início dos centros de armazenagem de materiais está subordinada ao crescimento da indústria e da operação logística necessária para o abastecimento e escoamento dos produtos. Hoje, as atividades de armazenagem são consideradas pontos estratégicos para a prosperidade de uma organização. Os primeiros registros históricos, inicialmente, estão ligados ao armazenamento de alimentos; locais como celeiros eram utilizados para guardar a produção de grãos para consumo e comércio entre outros produtores, e reservar sementes para a plantação das colheitas seguintes.

Durante a primeira fase da Revolução Industrial, um dos setores econômicos mais impactados foi a indústria de bens, que passou a contar com fábricas e deixou de lado o trabalho de manufatura. Com isso, resultou em uma nova gama de necessidades voltadas para o abastecimento da produção. Além disso, com o aumento dos meios de fabricação, houve a necessidade de prevenir a escassez de matérias-primas, em especial o minério e o carvão, pois a distância geográfica entre as minas e as fábricas era um obstáculo.

Em conformidade com a *International Logistics Magazine* (2010), no passado, um armazém era definido como um lugar para guardar material. No tempo atual, ele é uma das partes integrantes da política de fabricação, administração de materiais e planejamento financeiro. O nível de sofisticação dos equipamentos e a criação de técnicas operacionais devem representar uma resposta direta para a logística e os serviços de armazenagem.

Hoje, o desígnio de um armazém é estar munido de espaço para o fluxo de materiais entre as manobras comerciais e operacionais que não tenham um fluxo linear contínuo de abastecimento. A redução dos custos de armazenagem pode ser baseada na integração entre as práticas operacionais, inventários, técnicas de movimentação de materiais, métodos de estocagem, processamento de pedidos, administração de tráfego e exportação/importação.

Estas atividades estão mutuamente integradas, e seus efeitos agregados devem ser previstos para satisfazer ao mais alto nível de serviços aos clientes, ao custo mais baixo possível. A responsabilidade do armazém, ou centro de distribuição, deve ser: recebimento, movimentação, armazenamento, separação, expedição pontual do produto certo na quantidade certa, em condições adequadas, no lugar certo, no momento certo e ao menor custo, acompanhando o fluxo correto da armazenagem, conforme demonstrado no Quadro 2 (dois), a seguir:

Quadro 2: Processos operacionais dentro do CT

| ETAPAS DOS CENTROS DE ARMAZENAGEM | |
|--|--|
| RECEBIMENTO | É a primeira função de um centro de distribuição. O CT recebe produtos, geralmente acabados, para armazenagem. |
| MOVIMENTAÇÃO | No centro de distribuição ela é crucial para os resultados dos processos, por isso exige pessoal preparado. Manusear o material recebido de forma errada pode gerar inúmeros problemas, incluindo danos ao produto. Por isso, é importante sempre ter profissionais, equipamentos e sistemas adequados no CT. |
| ARMAZENAMENTO | A primeira forma de adotar uma armazenagem estratégica em centros de distribuição é realizar o cálculo e o controle de estoque por meio de estratégias. O método utilizado varia de acordo com o setor de atuação. Quem trabalha com produtos não perecíveis e altamente duráveis pode usar o LIFO (last in, first out – primeiro a entrar, último a sair), por exemplo. No entanto, empresas que trabalham com alimentícios ou produtos perecíveis precisa adotar o FIFO (first in, first out). |
| SEPARAÇÃO | Em armazenamento, os produtos do centro de distribuição precisam ser separados para voltarem ao ciclo logístico. Nesse momento começa a separação, também, chamada de <i>picking</i> . Assim como acontece na movimentação, o ponto crítico da separação é o manuseio. Quando feito incorretamente ele prejudica o produto, fazendo com que o consumidor final receba seus produtos com problemas. |
| EXPEDIÇÃO | É uma das últimas etapas dentro do processo logístico, sendo assim, nos centros de distribuição geralmente estão em uma localização estratégica para realizar a expedição. Alguns deles até trabalham com modais variados de carga para facilitar a entrega ao destino final do produto. |

Fonte: Adaptado pelo autor.

Dentro de um armazém, o manuseio de materiais é uma atividade indispensável. Os produtos devem ser recebidos, movimentados, estocados, classificados e montados, a fim de manter o fluxo normal das operações. Quando desempenhado de forma inferior, o manuseio de materiais pode resultar em danos substanciais nos artefatos. De forma racional, pode-se dizer que quanto menos o produto é manuseado, menor é o potencial para produtos danificados, e a eficiência total do local de armazenamento aumenta. Há uma variedade de mecanismos e ferramentas mecanizados e automatizados para dar assistência ao manuseio de materiais. Na verdade, cada armazém e sua capacidade de manuseio de materiais representam um minissistema dentro do processo logístico total (BOWERSOX et al., 2002, p. 51-52).

Para Ballou (2004, p. 135), O Sistema de Gerenciamento de Armazém (SGA) conserva o layout do espaço e o estoque é guardado nas instalações. Com base no espaço disponível e nas regras do delineamento de estocagem, o SGA aloca o produto que chega a um local específico para posteriormente ser retirado. Se possuir a necessidade de armazenamento de múltiplos produtos em locais múltiplos numa mesma viagem, o Sistema de Gerenciamento de Estoque (SGE) tem condições de especificar a sequência de recepção

e sua rota para minimizar o tempo de viagem.

Desse jeito, a armazenagem é a do espaço necessário para manter os estoques, sendo constituída por um conjunto de funções de recepção, descarga, carregamento, arrumação e conservação de matérias-primas, produtos acabados ou semiacabados. Nesse aspecto pode-se definir que a missão da armazenagem é o compromisso entre os custos e a melhor solução para as empresas. Uma vez que este processo envolve mercadorias, apenas produz resultados quando é realizada uma operação, com o objetivo de lhes acrescentar valor ou de alguma forma trazer lucros/benefícios para a empresa (BALLOU, 2004).

Referências

BAPTISTA, Paulo; GASPAR, Pedro Dinis; OLIVEIRA, João, **Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares, Forvisão – Consultoria em Formação Integrada**, Guimarães, Portugal, 2006. Acesso em fevereiro de 2022.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5 ed. Porto Alegre. Bookman. 2006.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de Logística Empresarial**. 5. ed.

Porto Alegre: Bookman, 2007.

BANZATO, E. **Sistema de Controle e Gerenciamento de Armazéns (WMS)**. Disponível em: http://www.portaldomarketing.com.br/Artigos_de_logistica/Sistemas_de_controle_e_gerenciamento_do_armazem_WMS.htm. Acesso em 01 de maio de 2022.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; COOPER, M. Bixby. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Artmed editora, Porto Alegre, 2002

BOWERSOX, D. J. et al. **Gestão logística de cadeias de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BORGES C. T.; CAMPOS S. M.; BORGES C. E. **Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade**. Revista Eletrônica Produção & Engenharia, v. 3, n. 1, p. 236-247, Jul./Dez.2010.

BONAPARTE, Domingos Gerônimo. **Administração de material e produção: conceitos fundamentais**. Belo Horizonte, PUC-MG. Departamento de Administração e Economia. 1998.

DIAS, Marco A. P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. São Paulo: Atlas, 2006.

FERREIRA, Leonardo. **Logística, muito além de transportes! 2007**. Disponível em: Acesso em 01 de janeiro de 2022. FLEURY, P.F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K.F. **Logística Empresarial: perspectiva brasileira**. São Paulo: Atlas, 2000.

GUARNIERI, Patrícia; CHRUSCIACK, Daniele; OLIVEIRA, Ivanir Luiz de; HATAKEYAMA, Kazuo; SCANDELARI, Luciano. WMS — Warehouse Management System: **Adaptação proposta para o gerenciamento da logística reversa**. Prod. vol.16 n 1. São Paulo: Jan./Apr. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org>. Acesso em 01/03/2022.

International Logistics Magazine – ano XIII nº 54 **A função logística da armazenagem**. Disponível em www.skywalker.com.br/index.php? Acesso em janeiro de 2022.

LACERDA, Leonardo. **Armazenagem e Localização de Instalações**. In: Logística Empresarial: A perspectiva Brasileira. São Paulo. Atlas. 2000.

LIMA, Mauricio. **Armazenagem: Considerações sobre a atividade de Picking**. 2002. Coppead UFRJ: Centro de Estudos em Logística. Disponível em: Acesso em 13/05/2022.

MOURA, R. A. **Check sua logística interna**. São Paulo: Imam, 1997. MOURA, R. A. **Check sua logística interna**. São Paulo: Imam, 1998.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ZANDEVALLI, Carla. **Seleção de um sistema de localização de estoque: avaliação de seus benefícios no sistema de armazenagem – um estudo de caso**. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2004. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5281/000423806.pdf?sequence=1>> Acesso: 12/11/2021



CAPÍTULO 44

INTELIGÊNCIA PRODUTIVA: A UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE GESTÃO DA PRODUÇÃO PARA SOLUÇÃO DE PONTOS CRÍTICOS

PRODUCTIVE INTELLIGENCE: THE USE OF PRODUCTION MANAGEMENT TOOLS TO SOLVE CRITICAL PROBLEMS

Lendel Willian Dias Mendes¹

¹ Engenharia de Produção Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Transformar esta pesquisa em inteligência produtiva, ou seja, transformá-la em conhecimento relevante dentro da área da engenharia da produção é a principal intenção deste trabalho. Realizar estudos que contemplam sistemas de gestão e ferramentas para a melhoria de processos produtivos são importantes para contribuir para a formação de gestores e aprimoramento das cadeias produtivas. Então, esta pesquisa trabalha na perspectiva de que muitas empresas enfrentam problemas de gestão e produção por falta de conhecimento e alinhamento das estratégias para resoluções de problemas. Este trabalho foi elaborado por meio de estudos bibliográficos, comparando definições, resoluções e problemas. Foram apresentadas diferentes ferramentas de gestão de produção, tais como as ferramentas o sistema Toyota de produção, ferramentas de análise de processos e de manutenção, descrevendo-as e analisando-as para que haja entendimento das suas aplicações, especialmente nos pontos críticos da produção, para que então, seja possível dimensionar a importância de conhecer estes pontos nos processos produtivos e com este conhecimento poder prevê-los e solucioná-los.

Palavras-chave: Inteligência Produtiva; Sistemas de Gestão; Ferramentas de Gestão; Produção; Pontos Críticos.

Abstract

Turning this research into productive intelligence, that means, transforming it into relevant knowledge within the area of the production engineer is the main intention of this work. Conducting studies that include management systems and tools for the improvement of productive processes are important to contribute to the training of managers and improvement of productive chains. Therefore, this research works in the perspective that many companies face problems of management and production for lack of knowledge and alignment of strategies for problem solving. This work was elaborated through bibliographic studies, comparing definitions, resolutions and problems. There were presented different production management tools, such as the Toyota production system tools, process analysis and maintenance tools, describing them and analyzing them, so that it is possible to assess the importance of knowing these points in the productive processes and with this knowledge can predict them and solve them.

Keywords: Productive Intelligence; Management Systems; Management Tools; Production; Critical Points.



1. INTRODUÇÃO

No final do século XIX, os sistemas de produção foram se aperfeiçoando e algumas formas de organização de produção foram provocando mudanças significativas nos sistemas de funcionamento das fábricas. Frederick Taylor, engenheiro mecânico, desenvolveu um conjunto de métodos para a produção industrial buscando maior racionalização dos processos produtivos. Segundo Taylor, os funcionários deveriam exercer apenas uma função e em um tempo que fosse o menor possível. Não havia necessidade de conhecer os métodos de como se chegava ao resultado final. O taylorismo melhorou o processo de divisão do trabalho, de forma que apenas o gerente fosse responsável pelo conhecimento do processo produtivo, e tinha como característica a padronização e a realização de atividades simples e repetitivas.

Henry Ford foi o primeiro a aplicar o modelo proposto por Taylor e desenvolveu linhas de montagem nas quais os operários ficavam em um local específico, realizando uma tarefa, enquanto o automóvel se deslocava pelo interior da fábrica em uma espécie de esteira que, por sua vez, ditava o ritmo da produção.

Em seguida, o sistema Toyota de produção revolucionou a gestão da produção e, em meados da década de 60, espalhou-se por várias regiões do mundo e é aplicado em muitas empresas. O modelo Toyota é caracterizado principalmente pelas diferenças com os modelos de Taylor e Ford, pois possuía um sistema flexível de mecanização, sua mão de obra era qualificada, produzia somente o necessário e prezava pela qualidade do produto implantando sistemas de qualidade para todas as etapas da produção.

Desde então, percebe-se a importância de se realizar estudos que contemplem esses sistemas de gestão e suas ferramentas para melhoria do processo de produção.

Milhares de empresas deixam de explorar o máximo de seu potencial por falta de pensamento estratégico, falta de alinhamento da organização e controle gerencial da produção. A partir desses problemas, pode-se indagar como as ferramentas de gestão de produção podem auxiliar na resolução de problemas nos pontos críticos da produção?

Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo geral discutir como as ferramentas de gestão de produção auxiliam na resolução de pontos críticos da qualidade e da produção.

Para tanto, como parte fundamental para realização deste estudo, tem-se como objetivos específicos: descrever ferramentas de gestão da produção; compreender o que são pontos críticos da produção e por fim, discutir como a utilização de as ferramentas de gestão da produção citadas podem ser usadas para resolução de pontos críticos e prevenção de falhas.

A pesquisa realizada neste trabalho consiste em uma revisão de literatura, na qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca na base de dados da Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), e GA (Google Acadêmico). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos

15 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: ferramentas de gestão, ferramentas de análise de processos, pontos críticos da produção, gestão da qualidade e gestão da manutenção.

2. FERRAMENTAS DA GESTÃO DA PRODUÇÃO

Pode-se utilizar também alíneas, que devem ser ordenadas alfabeticamente por letras minúsculas precedidas de parênteses; cada alínea deve ser separada por ponto e vírgula e a última alínea deve terminar com um ponto. As empresas deixam de explorar o máximo de seu potencial por falta de um sistema gerencial da produção adequado. Avaliar a situação do sistema de produção e identificar seus pontos críticos de qualidade e produtividade faz parte da primeira etapa de ações que devem ser realizadas em busca da otimização dos resultados.

Após avaliação, é possível desenvolver estratégias baseadas no conhecimento e aplicação de algumas ferramentas de produção. Nesta pesquisa, foi elaborada uma lista de ferramentas que podem ser utilizadas para alavancar os resultados, que são: as ferramentas do sistema Toyota de produção ou *lean production*, ferramentas de análise de processos, como a Teoria das restrições (TOC) e, por fim, uma ferramenta da manutenção, a Manutenção Produtiva Total (TPM).

Segundo Ohno (1997), o sistema Toyota tem como principal conceito a eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a ideia básica é produzir apenas o necessário e tem como passo preliminar a identificação completa dos desperdícios, que são:

- Desperdício de superprodução;
- Desperdício de tempo disponível (Espera);
- Desperdício em transporte;
- Desperdício de processamento em si;
- Desperdício de estoque disponível (Estoque);
- Desperdício de movimento;
- Desperdício de produzir produtos defeituosos.

O sistema Toyota de produção tem como pilar o sistema *just in time* de produção.



2.1 *Just in time* e suas ferramentas

O sistema *just in time*, que em uma tradução literal do inglês significa “na hora certa” dá uma ideia básica do conceito dessa ferramenta de gestão. O autor Hall (1983) conceitua o *just in time* como um sistema que tem por objetivo produzir a quantidade demandada com qualidade perfeita, sem excesso e de forma rápida, transportando o produto para o lugar certo no tempo desejado.

Uma empresa que segue o conceito acima, no ponto de vista da gestão da produção, pode chegar ao estoque zero. Este seria um estado ideal, porém, dependendo do tipo de produção de um produto, dos seus milhares de componentes e dos processos envolvidos, torna-se bem difícil aplicar o *just in time* no plano de produção.

Então, é possível afirmar que o *just in time* é um sistema de produção com um fator muito alto de adaptação às fabricas de automóveis e também na fabricação de produtos que tem componentes com demandas relativamente previsíveis e constantes, sem grandes oscilações.

2.1.1 *Kanban*

O *Kanban* é uma ferramenta que contribui para que o *just in time* funcione com mais eficiência. Segundo Aguiar e Peinado (2007), em uma tradução literal do japonês, a palavra *Kanban* significa registro ou placa visível. É usado no processo produtivo para retirar as peças em processamento de uma estação de trabalho e puxá-las para a próxima estação, ou seja, é um sistema de abastecimento e controle de estoques. Vale ressaltar que no *Kanban* apenas peças boas são colocadas no estoque.

Rossetti et al. (2008, p. 3) citam como exemplo: “Quando todos os repositórios estão cheios, a máquina para de produzir, até que retorne outro repositório vazio, que funciona como uma “ordem de produção”. Assim, os estoques de produtos em processo são limitados aos disponíveis nos repositórios e só são fornecidos quando necessário.

Para ilustrar o funcionamento do *Kanban* foi escolhido o exemplo dado por Aguiar e Peinado (2007). Os recipientes onde os lotes de produção são armazenados são chamados de contentores e um número definido de peças é armazenado nele juntamente com um cartão que correspondente a cada contentor. Para exemplificar alguns tipos de contentores temos a seguir na Figura 1 alguns exemplos.

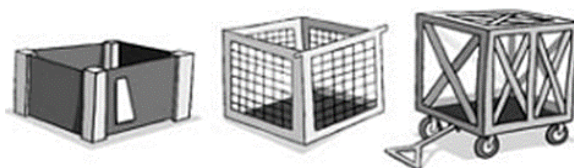


Figura 1 – Contentores
Fonte: Aguiar; Peinado (2007 p.141)

É apresentado um exemplo de quadro *Kanban*, conforme mostra a Figura 2. Este quadro deve sempre ficar próximo do estoque de peças no setor de produção.

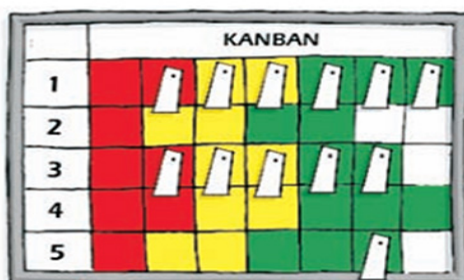


Figura 2 - Quadro Kanban.
Fonte: Aguiar; Peinado (2007 p.142)

Os cartões *Kanban* são colocados em uma sequência de posições nos quais as posições vazias indicam estoque disponível, e cada cor indica o grau de urgência da reposição.

Os cartões são colocados do verde para o vermelho como é exemplificado na Figura 3:

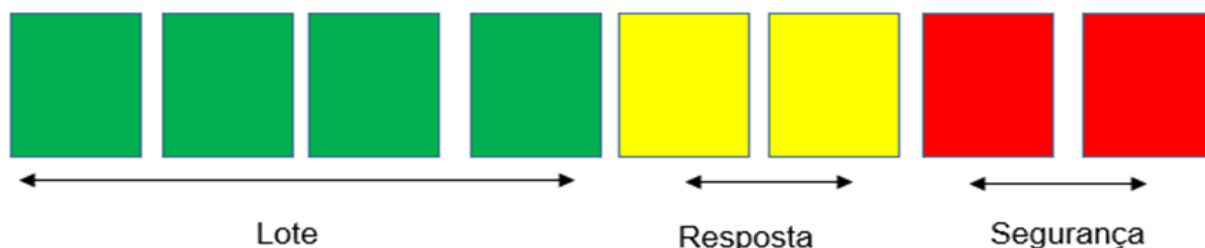


Figura 3 - Cartões *Kanban*.
Fonte: Adaptado de Aguiar; Peinado, J. (2007)

Conforme mostrado na Figura 3, pode-se ler o quadro da seguinte forma: a faixa verde define o nivelamento da produção, a faixa amarela o tempo de resposta e a faixa vermelha é a segurança necessária para que não se pare a produção. Assim que chegam, os cartões logo são inseridos sobre as faixas verdes, depois amarela e, por fim, vermelha, respectivamente.

Desta forma, é possível reduzir drasticamente os estoques de produtos acabados e matéria-prima e, por consequência, o *lead time*.

2.1.2 Poka-Yoke

O *Poka-Yoke*, que em uma tradução literal do japonês quer dizer à prova de erros, é um dispositivo que tem como finalidade evitar os defeitos em processos de fabricação.

Segundo Consul (2015), as principais causas de erros na produção geralmente são:

- Procedimentos ou padrões ruins;
- Maquinário;

- Material em não conformidade;
- Desgaste das ferramentas;
- Erros humanos.

Exceto pelo erro humano, essas condições podem ser previstas e ações corretivas podem ser tomadas para eliminar a causa dos defeitos. Para Slack et al (2008), a inevitabilidade dos erros humanos faz com que a importância da prevenção esteja ligada à ideia dos *poka-yokes*. Nesse sentido, os autores os definem como sendo dispositivos de baixo custo (de preferência) que, ao serem incorporados em um processo, previnem erros por falta de atenção dos operadores

O *poka-Yoke* pode ser usado simultaneamente como sistema de detecção e prevenção, através da inspeção. Segundo Shingo (1996, p.55), “[...]a inspeção sucessiva, autoinspeção e inspeção na fonte podem ser todas alcançadas através do uso de métodos *Poka-Yoke*. O *Poka-Yoke* possibilita a inspeção 100% através de controle físico ou mecânico.”

Assim que o sistema *Poka-Yoke* detecta uma anormalidade, pode bloquear o processamento ou apenas avisar a ocorrência da anormalidade, dependendo da gravidade, frequência e/ou consequência do problema.

2.2 Ferramentas de Análises de Processos.

Existem diversas ferramentas e metodologias que podem ser aplicadas para a gestão de processos, tais como a teoria das restrições (TOC). Quando ferramentas como estas são aplicadas a qualquer tipo de organização, ajudam a obter melhores resultados, com a menor disponibilização de recursos. Segundo Senge (1990, p.39), “a fonte de toda vantagem competitiva sustentável está na capacidade relativa da empresa em aprender mais rápido e melhor do que seus concorrentes”.

Tendo o conceito acima em mente, foi pertinente a esta pesquisa mostrar como funcionam a teoria das restrições (TOC).

2.2.1 Teoria das Restrições -TOC (*Theory of Constraints*)

Para exemplificar a teoria das restrições (TOC) Corbett (2005) que diz que ela parte do pressuposto de que em um processo produtivo pode haver recurso restritivo ou gargalo que impede o fluxo da produção e se não houvesse algo que limitasse o desempenho do sistema, este seria infinito, ou seja, se uma empresa com fins lucrativos não apresentasse restrição alguma, seu lucro seria infinito. É possível identificar os gargalos e gerenciá-los para potencializar os ganhos. Goldratt e Cox (2002) definem “gargalo” como sendo uma restrição no sistema que é causada por qualquer coisa que impeça um melhor desempe-

no do sistema.

A teoria das restrições descreve métodos para elevar ao máximo o lucro operacional das empresas quando confrontado com operações que apresentam ou não restrição. A TOC apresenta três indicadores que, segundo Horngren, Datar e Foster (2004), são definidos por meio de:

- a) Contribuição do processamento ou rentabilidade: índice pelo qual o sistema gera dinheiro através das vendas;
- b) Inventário: todo o dinheiro que o sistema investe em coisas que podem ser comercializadas, O valor atribuído ao estoque de produtos acabados é igual ao custo totalmente variável, não é incluído nos estoques, portanto, o valor do trabalho adicionado aos estoques dos produtos em processamento;
- c) Despesa Operacional: todo dinheiro necessário pela empresa para transformar seus estoques em margem de contribuição.

2.2.1.1 Aplicação e Implementação

A primeira medida para aplicação da TOC é analisar os passos para sua aplicação. Assim, Nunes (2006) revela que o objetivo é atingido por meio do método de gerenciamento das restrições em um processo de aprimoramento que abrange cinco passos.

O primeiro passo é identificar a restrição do sistema. Para isso, segundo Holmes & Hendricks (2005), todo o processo precisa de monitoramento para que se possa identificar os subprocessos mais lentos. Realizar a identificação da restrição é importante à medida que ela faz parte da operação.

O terceiro passo é subordinar o sistema à restrição, com o intuito de que os outros recursos trabalhem no mesmo ritmo da restrição. (HOLMES & HENDRICKS, 2005).

O quarto passo é romper ou elevar a restrição do sistema. Este passo pode ser dado através da melhoria contínua das operações para que eleve a restrição até o ponto que este não seja mais o gargalo do sistema. (HOLMES & HENDRICKS, 2005).

Esses passos são essenciais para que a atenção da gerência esteja voltada para o funcionamento do sistema de produção. Segundo Reid (2007, p.212) “os cinco passos foram desenvolvidos para assegurar que a gerência dirija sua atenção para o que é realmente importante para o desempenho bem-sucedido do sistema, a saber, melhorar o desempenho da restrição do sistema”.

2.3 Ferramentas da Gestão da Manutenção

A manutenção é um serviço indispensável e, conseqüentemente, um serviço constante dentro das corporações. Segundo marocco (2013), é necessário que se tenha em mente um modelo de gestão da manutenção de modo que sua aplicação entre em sincronia com a política da empresa.

Nesta pesquisa, foi abordada a manutenção produtiva total (tpm) e suas bases.

2.3.1 Manutenção Produtiva Total - TPM (*total productive maintenance*)

Com o compromisso voltado para o resultado, a tpm visa atingir a máxima eficiência do sistema de produção, assim como aumentar o ciclo de vida útil dos equipamentos, sempre em busca da perda zero. Para Yamaguchi (2005), a TPM deve contar com o envolvimento de toda a força operacional, passando pelas chefias intermediárias até os níveis superiores da gestão.

Apesar das organizações possuírem características individuais, para se implementar a TPM é preciso conhecer a filosofia, que está baseada em oito pilares que segundo Marocco, (2013), são:

Pilar da Melhoria Focada ou Específica: melhoria referente à Manutenção Corretiva para em perdas crônicas relacionadas às máquinas;

Pilar da Manutenção Planejada: trata da gestão e das rotinas de manutenção preventiva. Objetiva a melhoria contínua da disponibilidade, a confiabilidade e a redução de custos.

Pilar da Gestão Antecipada: este pilar faz referência à prevenção da manutenção. O histórico de manutenção e a experiência dos funcionários devem ser levados em conta no projeto de um novo equipamento de manutenção. Procurar, desde o princípio, formas de construir uma máquina que seja mais fácil de manter e trabalhar que as outras que tem a mesmo papel;

Pilar do Treinamento e Educação: este pilar faz referência à aplicação de treinamentos. Tanto os técnicos quanto os comportamentais que trabalham a liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes;

Pilar da Manutenção Autônoma: este pilar faz referência aos treinamentos teóricos e práticos que darão aos operadores a capacidade de exercerem atividades referentes à manutenção proativa;

Pilar da Manutenção da Qualidade: este pilar faz referência à confiabilidade dos aparelhos, sua disponibilidade para uso e sua relação com a qualidade dos produtos;

Pilar da Melhoria dos Processos Administrativos: este pilar faz referência aos processos de gestão que interferem diretamente na eficiência e produtividade das atividades operacionais. Deste modo, fazendo com que esses processos se aprimorem e reduzam desperdícios. Também pode ser conhecido como TPM de escritório.

Pilar da Segurança, Saúde e Meio Ambiente: este pilar se sustenta a partir das práticas dos outros pilares. Tem como foco a melhoria contínua das condições de trabalho, da redução dos riscos de segurança e ambientais.

Mesmo sabendo desses pilares, a filosofia da TPM só surtirá efeito se assimilada por todos os funcionários. Desse modo, manter a equipe envolvida é primordial, assim como alinhar os esforços estratégicos da organização às metas para que a organização sobreviva com rentabilidade.

Segundo Slack et al (2008), existem cinco metas a serem perseguidas pela TPM. Que são:

- Melhorar a eficácia dos equipamentos.
- Manutenção autônoma.
- Planejamento da manutenção.
- Treinamento contínuo em habilidades relacionadas a manutenção.

Conseguir administrar os equipamentos desde o princípio: permitir que o corpo técnico de manutenção e operação possa atuar desde a fase inicial do projeto do equipamento.

Deste modo, é possível inferir a que a TPM tem uma filosofia que precisa ser assimilada por todo o corpo operacional e por todo o corpo de gerência para que possa funcionar de forma eficaz. Conhecer seus pilares e seguir as metas de implantação são as bases para o sucesso desta ferramenta.

3. PONTOS CRÍTICOS DA PRODUÇÃO

Partindo do pressuposto de que todos os processos de produção têm limitações, ou como afirma Corbett (2005), que o sistema produtivo seria infinito se não apresentasse restrição alguma, é papel do engenheiro de produção fazer a verificação dos dados, analisar os fatos, examinar os indicadores de produtividade e de qualidade para que se possa identificar os pontos críticos da produção e elaborar melhorias utilizando ferramentas de detecção. Nesse sentido, é possível aumentar o conhecimento e domínio da produção, priorizar estratégias para alavancar os resultados de produtividade.

Para alcançar este objetivo, se faz necessário conhecer e aplicar ferramentas para detectar, monitorar e sanar esses pontos críticos de maneira satisfatória. Algumas maneiras de identificar esses pontos são através de ferramentas como o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) ou, em português, Análise do Modo e Efeito da Falha e a FMECA (*Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*) ou, em português, Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falhas.



3.1 FMEA/FMECA

A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos ou FMEA é, segundo Sakurada (2001), uma técnica analítica usada por engenheiros ou uma equipe de engenheiros com o intuito de garantir que os modos potenciais de falha e suas causas ou mecanismos associados tenham sido levados em consideração.

O FMEA ajuda a identificar e priorizar falhas ou possíveis falhas em equipamentos, sistemas ou processos e avalia os seus efeitos nos processos. As falhas analisadas pelo FMEA são priorizadas a partir da criticidade das causas.

Além do FMEA, há o FMECA, que segundo Sakurada (2001), tem origem na expressão em inglês *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis* que pode ser traduzida como a Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticidade. A diferença primordial entre FMEA e FMECA está no fato de que a segunda contempla o que pode ser denominado de Análise Crítica (CA – *Criticality Analysis*). Ainda segundo Sakurada (2001), a Análise Crítica é um método quantitativo utilizado para classificar os modos e efeitos de falhas críticas levando em conta suas probabilidades de ocorrência. As falhas encontradas por meio da FMECA são priorizadas a partir da criticidade das causas utilizando o índice NPR (Número de Prioridade de Risco).

Sakurada (2001), indica que o NPR consiste no resultado do produto do índice de ocorrência, de severidade e detecção em uma escala de 1 a 10, sendo 10 a situação de maior intensidade e 1, a de menor. Ou seja, calcula-se ocorrência x severidade x detecção, onde a ocorrência consiste nos dados usados para avaliar a probabilidade de uma falha ocorrer. Já a severidade realiza a avaliação do impacto e da gravidade dos efeitos da falha e a detecção, por sua vez, é um valor atribuído à detecção da falha por meios de controles de detecção. Quanto maior for o valor atribuído ao índice de detecção maior será a dificuldade de se detectar a falha.

Nesse sentido, os exemplos dos Quadros 1, 2 e 3 têm como objeto de avaliação a confiabilidade do produto ou serviço. É demonstrado como é possível chegar aos valores de ocorrência, severidade e detecção de forma quantitativa. Observe o Quadro 1.

| Severidade | Valor |
|---|--------|
| O cliente provavelmente não tomará conhecimento | 1 |
| Leve aborrecimento | 2 - 3 |
| Insatisfação do cliente | 4 - 6 |
| Alto grau de insatisfação | 7 - 8 |
| Atinge as normas de segurança | 9 - 10 |

Quadro 1 - Severidade dos Efeitos

Fonte: Bem-Daya e Raouf (1996, *apud* SAKURADA, 2001, p.9. Adaptado)

Como observado no Quadro 1, dependendo do grau de insatisfação do cliente a respeito de algum produto ou serviço, é adotado um valor correspondente à severidade que será utilizado no cálculo de NPR.

No Quadro 2, dependendo de como ficaram classificadas as chances de ocorrência da

falha ou defeito, é adotado um valor que será utilizado no cálculo de NPR.

| Probabilidade de ocorrência | Chances de ocorrência | Valor |
|-----------------------------|-----------------------|-------|
| Remota | 0 | 1 |
| Baixa | 1/20,000 | 2 |
| | 1/10,000 | 3 |
| Moderada | 1/2,000 | 4 |
| | 1/1,000 | 5 |
| | 1/200 | 6 |
| Alta | 1/100 | 7 |
| | 1/20 | 8 |
| Muito alta | 1/10 | 9 |
| | 1/2 | 10 |

Quadro 2 - Probabilidade de ocorrência

Fonte: Bem-Daya e Raouf (1996, *apud* SAKURADA, 2001, p.9. Adaptado)

No Quadro 3, o índice de detecção de falhas da falha adota um valor que depende da probabilidade de um defeito individual alcançar o cliente; então, é atribuído um valor correspondente que será utilizado no cálculo de NPR.

| Probabilidade de não detectar a falha | Probabilidade (%) de um defeito individual alcançar o cliente | Valor |
|---------------------------------------|---|-------|
| Remota | 0 - 5 | 1 |
| Baixa | 6 - 15 | 2 |
| | 16 - 25 | 3 |
| Moderada | 26 - 35 | 4 |
| | 36 - 45 | 5 |
| | 46 - 55 | 6 |
| Alta | 56 - 65 | 7 |
| | 66 - 75 | 8 |
| Muito alta | 76 - 85 | 9 |
| | 86 - 100 | 10 |

Quadro 3 - Índice de detecção das falhas

Fonte: Bem-Daya e Raouf (1996, *apud* SAKURADA, 2001, p.9. Adaptado)

Uma vez classificadas as deficiências do sistema, a ideia central é tomar medidas para diminuir os índices de severidade, ocorrência e detecção, bem como definir prazos para que as ações sejam executadas. Assim que todas as medidas para a diminuição dos índices sejam tomadas, é necessário revisar os resultados e reavaliar os índices de severidade, ocorrência e detecção e calcular um novo NPR para averiguar a evolução das medidas para a solução dos problemas encontrados.

3.2 O FMEA/FMECA na Análise da Falha

As análises dos tipos *Bottom-up* e *Top-down* são regularmente aplicadas pelo FMEA. De acordo com Sakurada (2001), a análise *bottom up* inicia-se na análise dos modos de falhas dos componentes, até chegar nos efeitos causados por estes defeitos ou falhas no sistema. Já a análise *top-down* parte dos efeitos causados pelos defeitos ou falhas no sistema, tendo como finalidade encontrar causas desses efeitos.

Sakurada (2001) dá um exemplo de análise *Bottom-up* feita em um problema em um compressor:

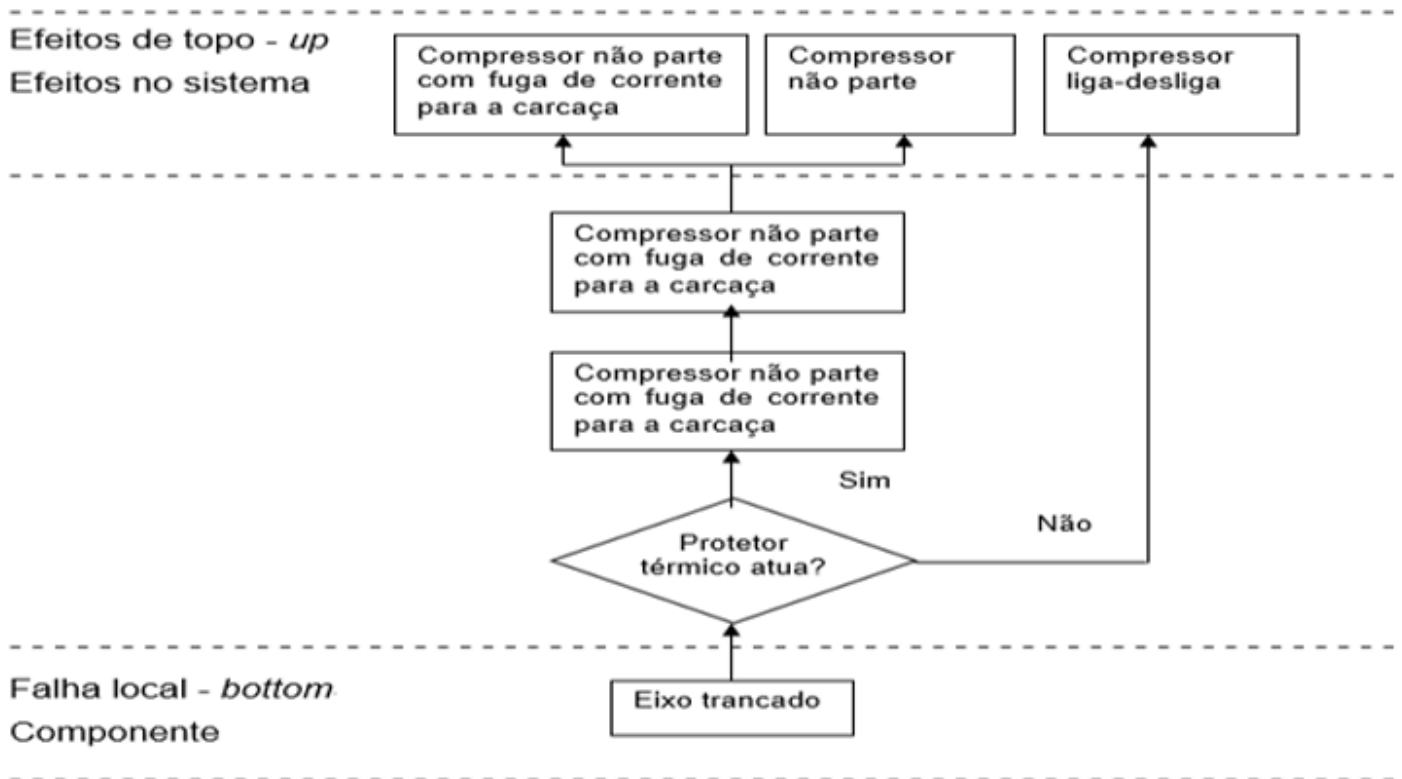


Figura 6 - Análise *Bottom-up*.
Fonte: Sakurada (2001 p.15)

Como pode-se verificar na Figura 6, o problema ocorre no eixo de comando do cilindro que está trancado. O referido autor explica que esse modo de falha pode gerar os seguintes efeitos no sistema: compressor liga e desliga, o compressor simplesmente não parte ou não parte e proporciona fuga de corrente para a carcaça.

Sakurada (2001) descreve que, ao iniciar o funcionamento do compressor, a rotação do eixo é baixa e temporariamente uma corrente elétrica elevada percorre a bobina auxiliar, denominada de corrente de partida. À medida que a rotação do eixo aumenta, a corrente elétrica diminui.

No momento em que a rotação de trabalho é atingida, a corrente elétrica permanece constante. Nessa ocasião, a corrente elétrica deixa de passar pela bobina auxiliar e começa a percorrer a bobina principal. Quando a rotação do eixo não atinge a rotação de trabalho, a corrente elétrica permanece elevada causando aumento da temperatura, que pode fazer com que suas bobinas se alonguem ou mesmo arruinar os seus isolamentos causando curto-circuito (SAKURADA, 2001).

Para que este tipo de problema seja evitado, os compressores devem possuir mecanismos protetores para desligar o motor, temporariamente, se houver aumento elevado de temperatura. Esses protetores térmicos geralmente estão ligados em série com a linha de alimentação de energia do compressor, de maneira que a corrente passe por meios dele (SAKURADA, 2001).

Nesse sentido, quando há aumento excessivo de temperatura, ocorre o corte do fornecimento de energia. O circuito é fechado automaticamente pelo protetor térmico quando houver a redução da temperatura e caso o eixo esteja trancado, vai ocorrer a repetição desse processo. Dessa forma, o compressor ficará ligando e desligando (SAKURADA, 2001).

Tendo, portanto, observado a proposta e aplicação do FMEA e FMECA é possível dizer que estas ferramentas auxiliam na identificação das falhas e fornecem dados sobre os pontos críticos de um processo e com estes dados priorizar falhas ou possíveis falhas em equipamentos, sistemas ou processos.

4. FERRAMENTAS DE GESTÃO E OS PONTOS CRÍTICOS

Como dito anteriormente nesta pesquisa, muitas empresas não exploram o potencial que possuem porque o sistema gerencial da produção não é adequado ou possui várias falhas. A avaliação dos sistemas produtivos e de qualidade e a identificação das falhas e seus pontos críticos são parte de ações que devem ser realizadas em busca da otimização dos resultados.

O primeiro passo é realizar um estudo do sistema de produção, do que ele é composto e de quais são as atividades envolvidas. Conhecer o sistema de produção com que se trabalha é importante para que se possa estabelecer as estratégias para determinados processos.

Harrington (1993), define processo como sendo uma atividade que recebe uma entrada (input), e que tem o intuito de trabalhar para agregar valor a ela, gerando, dessa forma, uma saída (output) para um cliente, utilizando-se de recursos da organização para gerar resultados.

Gerar resultados é a função dos processos produtivos e o conhecimento que se tem sobre eles pode ser a grande chave para se obter sucesso. Nessa perspectiva Davenport (1994) afirma que o grande êxito de empresas japonesas nas décadas de 80 e 90 se deve à implementação da visão que eles desenvolveram sobre os processos. Isso significou que os processos se tornaram mais rápidos em várias áreas de produção.

No primeiro capítulo desta pesquisa abordou-se o estudo das ferramentas de gestão como as do sistema Toyota de produção, ferramentas de análise de processos, como a Teoria das restrições (TOC) e, também uma ferramenta da manutenção, a Manutenção Produtiva Total (TPM). No segundo capítulo abordou-se como detectar e compreender as falhas, assim como o grau de criticidade destas falhas para que ações possam ser tomadas.



Neste capítulo será abordado como que as ferramentas de gestão da produção auxiliam na prevenção e resolução dos pontos críticos de produção.

De acordo com Werkema (1995), os processos críticos de um processo produtivo são os que possuem elementos que podem ter um efeito prejudicial nas empresas. Esses processos podem ser classificados como:

- De alto risco: são processos que quando não ocorrem de forma adequada podem causar grandes riscos para a empresa. Podem ser operacionais, financeiros, jurídicos ou até mesmo ambientais.
- Vitais para o funcionamento da empresa: são processos de grande importância para a empresa, que mantêm a empresa funcionando ou processos cujos problemas podem paralisar a produção.
- Processos que estão em contato direto com os clientes: são processos que causam impacto na qualidade ou confiabilidade de um produto, que, por sua vez, podem pesar na decisão do cliente.

4.1 *Just in time* e os pontos críticos em que é aplicado

Segundo Slack et al (2008), O sistema *Just in Time* basicamente é desenvolvido sobre três ideias: e a primeira é a integração e otimização do processo produtivo como um todo, de modo que tudo o que não agregue valor ao produto (*output*) é desnecessário e tem que ser eliminado. A segunda ideia é a melhoria contínua ou *Kaizen*, isto demanda desenvolver sistemas que encorajem a melhoria constante. Já a terceira é entender e responder às necessidades dos clientes, principalmente no que diz respeito à qualidade.

Para o *Just in Time*, o custo passou a ser um ponto crítico de alto risco, isto é, qualquer atividade que não esteja contribuindo para a transformação física do produto é considerada desperdício e tem que ser combatido. Apesar de que, tudo relacionado ao valor agregado à real necessidade de transformação do produto desde a matéria-prima até o produto final são considerados custos reais e naturais tendo como exemplo a operação de inserir componentes em uma placa de circuito, ou pintura. (SLACK et al, 2008)

Os desperdícios que podem ocorrer dentro de uma instituição são variados e precisam ser analisados porque eles estão todos relacionados Ohno (1997) listou estes desperdícios em: de superprodução, de espera, de transporte, de processamento, de movimento, de produção defeituosa e, por último, de estoques.

A necessidade de planejamento e interação de forma contínua para executar e desenvolver a essência do *Just in Time* direciona a análise de qualidade dos processos que, por sua vez, pode ser feita através do uso do ciclo de melhoria contínua conhecido como PDCA. Segundo Werkema (1995), o ciclo PDCA é "um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance de metas necessárias à sobrevivência de uma organização". Basicamente é necessário de que todas as pessoas envolvidas na organização possam

contribuir para as soluções dos problemas da empresa.

É importante salientar que o ciclo PDCA segue alguns passos que podem ser listados como:

- **Plan** (fase de planejamento): nessa fase é estabelecido qual é a missão, a visão, objetivos e os métodos necessários para se chegar ao resultado final. (WERKEMA, 1995)
- **Do** (fase de execução): nessa fase são executadas as atividades. (WERKEMA, 1995)
- **Check** (fase de verificação): nessa fase é necessário verificar os resultados, avaliar processos e resultados, relacionar com o que foi planejado e com os objetivos. Com estas informações é possível elaborar um relatório. (WERKEMA, 1995)
- **Act** (fase de ação): atuar nos problemas, de acordo com o relatório feito anteriormente, para que em seguida possa ser elaborado um novo plano de ação, de forma a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia, a execução de processos e a correção de falhas. (WERKEMA, 1995)

4.2 Teoria das restrições -TOC e os pontos críticos em que é aplicado

A teoria das restrições visa identificar a restrição do sistema e, assim como o a aplicação do *Just in Time*, é necessário fazer uma análise do sistema de produção. De acordo com Shams (1998), sua aplicação e seus resultados têm impactos na despesa operacional e, por conseguinte, na rentabilidade da empresa. Por esse motivo, é aplicada em processos críticos de alto risco.

Shams (1998) ressalta que a identificação de processos chamados de gargalos requer ferramentas de análise lógica que auxiliam no diagnóstico de problemas, assim como a elaboração de soluções e planos de ação. Uma dessas ferramentas é conhecida como árvore de realidade atual, que investiga os processos da maneira que eles estão acontecendo no momento da análise. Assim, é possível diagnosticar, por meio de um diagrama explanado de maneira simples, onde se interligam os efeitos indesejáveis que existem no sistema.

A Figura 7 demonstra um esquema de árvore de realidade atual no qual os processos seguintes ao problema raiz, que apresentam a sigla EI, têm um efeito indesejável.

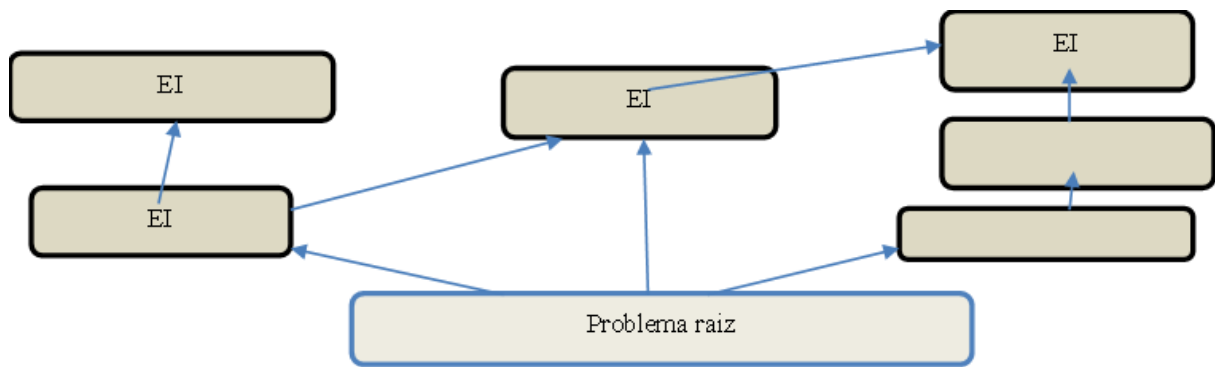


Figura 7 - Esquema de uma árvore de realidade atual.
 Fonte: Rentes (2000 p.56, Adaptado)

O esquema apresentado na Figura 8 apresenta um esquema baseado na relação de causa e efeito e pode ser lido da seguinte maneira na figura 8: Se (causa), Então (efeito).

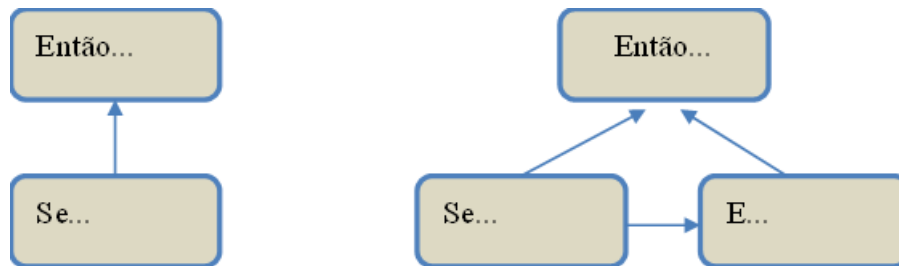


Figura 8 - Esquema de indicação de leitura de uma árvore de realidade atual.
 Fonte: Araújo (2004 p.56. Adaptado)

A situação ideal é aquela em que a análise apresenta apenas uma causa raiz. O problema-raiz pode ser considerado um ponto crítico do sistema, pois é identificado como o responsável pela maioria dos Efeitos Indesejáveis. Desta forma, é considerado o gargalo do sistema. Porém, Araújo (2004) afirma que, na maioria dos casos, devido à limitação de conhecimento dos envolvidos, isso não acontece, resultando em um conjunto de causas raízes independentes que devem ser estudadas para que no futuro se conheça a causa raiz.

4.3 Manutenção produtiva total – (TPM) e os pontos críticos em que é aplicado

A TPM difere-se dos pontos citados anteriormente. Segundo Suzuki (1994), a TPM tem como finalidade combater os pontos críticos considerados vitais para o funcionamento da empresa. Defeitos no planejamento da manutenção e defeitos nas máquinas podem paralisar a produção. Porém, possui como grande dificuldade o fato de ter que contar com o envolvimento de toda a força de operacional passando pelas chefias intermediárias até os níveis superiores da gestão para que seja completamente implantada.

Contudo, a missão de fazer o fluxo de produção permanecer continua por meio deste programa de manutenção faz com que as empresas invistam em treinamento e prevenção na preservação das máquinas e equipamentos.

Mudar a realidade de uma empresa que a produção é sempre emergencial parar a

produção para manutenção corretiva causa grandes prejuízos, por isso, o comprometimento de todos é crucial. É necessário perseguir as metas e conhecer a filosofia (os pilares) da TPM.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aperfeiçoamentos de algumas formas de organização de produção provocaram mudanças significativas nos sistemas de funcionamento das fábricas. Desde o modelo fordista (que foi o primeiro revolucionar o modo de se produzir a aplicar as modelos de linhas de montagem), passando pelo o sistema Toyota de produção (que possuía um sistema flexível de mecanização, mão de obra qualificada, e produzia somente o necessário, prezando pela qualidade do produto) os estudos sobre a gestão de produção e suas ferramentas têm sido aprimorados.

Realizar estudos que contemplem esses sistemas de gestão e suas ferramentas, assim como a discussão de como estas ferramentas podem auxiliar a resolução de pontos críticos da qualidade e da produção são fundamentais para otimização dos processos de produção.

Ferramentas como as do sistema Toyota, ferramentas de análise de processos como o TOC, assim como ferramentas da manutenção, como a TPM foram abordadas e relacionadas com pontos críticos de processos produtivos para que, desse modo, fosse possível compreender a importância de se reconhecer estes pontos nos processos produtivos para, então, resolvê-los e prevê-los para a melhoria do sistema produtivo.

Referências

- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R.J. **Forecasting Methods and Applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- 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.
- AGUIAR, G.F.; PEINADO, J. Compreendendo o *Kanban*: um ensino interativo ilustrado. Curitiba, **Revista da Vinci**: vol. 4, n. 1, p. 133-146, 2007.
- ARAÚJO, C. A. C. **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta utilizando os processos de raciocínio da teoria das restrições e o mapeamento do fluxo de valor**. Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- CONSUL, J.T. **Aplicação de Poka Yoke em processos de caldeiraria**. Porto Alegre, Revista Production: vol. 25, n. 3 p. 678-690, 2015.
- CORBETT, Thomas. **Bússola financeira: O processo decisório da Teoria das Restrições**. São Paulo. Ed. Nobel, 2005.
- DAVENPORT, Thomas H. **Reengenharia de processos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.
- GIDDENS, Anthony. **Sociologia**. Ed. Artmed. Porto Alegre, 2004.



- GOLDRATT, E. M., COX, J. **A Meta: um processo de melhoria contínua**. 2ª Edição. São Paulo: Nobel, 2002
- HALL, R. W. **Zero inventories**. Ed. Homewood: Dow Jones-Irwin, 1983. 329p. Cap.S. p. 83-118.
- HARRINGTON, H. James. **Aperfeiçoando processos empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.
- HOLMES, Linda E., HENDRICKS, Ann B. **Is TOC for you? Strategic Finance: Accounting & Tax periodicals**, 86, 10, Apr.2005, p.50-53.
- HORNGREN, C. T.; DATAR, S. M. & FOSTER, G. **Contabilidade de Custos: uma abordagem gerencial**. 11ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- MAROCCO, Gustavo S. **A importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso**. 2013. (Graduação em engenharia de produção), Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora 2013.
- NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.
- NUNES, Marcelo S. **Gestão estratégica de ganhos: uma proposta de gestão estratégica de custos utilizando os princípios da Teoria das Restrições, aplicada em uma fabricante de autopeças**. Dissertação de mestrado. EESC/USP. 2006.
- REID, Richard A. **Applying the TOC five-step focusing process in the service sector A banking subsystem**. *Managing Service Quality*. Vol. 17 No. 2, 2007, pp. 209-234.
- RENTES, A.F. **TransMeth: Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas**. Tese de Livre-Docência. Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2000.
- ROSSETTI, E. K. et al. Sistema *just in time*: conceitos imprescindíveis. **Revista Qualit@s**, Paraíba, v. 7, n. 2, p. 1-6, 2008. Disponível em: Acesso em: 10 de Nov de 2015.
- SAKURADA, Eduardo Y. **As técnicas de Análise do Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 2001. (Dissertação de mestrado), Eng. Mecânica/UFSC, Florianópolis, 2001.
- SENGE, Peter M. **A quinta disciplina**. São Paulo: Editora Best Seller, 1990.
- SHAMS- UR, R. **The theory of constraints**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 18, n. 4, 1998, p. 336 - 355.
- SHINGO, Shingeo, **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**, Bookman, Porto Alegre, 1996.
- SLACK, Nigel. CHAMBERS, Stuart. JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- SILVEIRA, Cristiano Bertulucci (2013). **Mapeamento do Fluxo de Valor**. Recuperado em <http://www.citisystems.com.br/mapeamento-fluxo-valor-1/>.
- SUZUKI, Tokurato. **TPM in Process Industries**. USA, Portland: Productivity Press, 1994.
- SUZAKI, Kiyoshi, **The new manufacturing challenge: techniques for continuous improvement**. New York, NY: The Free Press, 1987.
- OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**. ed. Porto Alegre, 1997.
- WERKEMA, M.C.C. **As Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**. Belo Horizonte, 1995.
- VIEIRA, Mauricio, V. **Aplicação do mapeamento de fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. 2006. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) UFSC. Florianópolis. 2006.

CAPÍTULO 45

GESTÃO DA QUALIDADE: SUA IMPORTÂNCIA E APLICABILIDADE NOS PROCESSOS PRODUTIVOS

*QUALITY MANAGEMENT: ITS IMPORTANCE AND APPLICABILITY IN
PRODUCTION PROCESSES*

Endressa Teixeira Amorim Rodrigues¹
Sthefan Piccinini²

1 Engenharia de Produção Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

2 Engenheiro de Produção, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba - PR

Resumo

Partindo das informações que foram estudadas, de maneira geral, o foco dessa pesquisa foi analisar a gestão da qualidade como incremento na melhoria constante dos processos produtivos, buscando trabalhar políticas e metodologias hoje instituídas, além, de fazer toda uma análise estrutural dos processos aplicados, passando por estratégias traçadas, chegando até toda a influência da gestão da qualidade na construção de processos de produção eficazes e de qualidade. Tal contexto de pesquisa busca assim, apresentar conceitos e questões gerais entorno da gestão da qualidade, pontuando sua importância no ambiente das empresas atuais. No percurso metodológico foram utilizados dados bibliográficos provenientes de artigos, revistas, livros e trabalhos acadêmicos, tendo como intuito, oferecer a pesquisa aqui desenvolvida, uma maior transparência e coerência, cujo resultado evidenciou um papel de destaque empregado pela gestão da qualidade nos processos produtivos e assim, na construção da qualidade, fazendo do mesmo, característica principal. O resultado assim encontrado evidencia a importância da gestão da qualidade nos processos de produção, tendo papel de influenciar metodologias de trabalho e processos de gestão, o que evidencia seu papel estratégico, em um contexto de produção tão amplo.

Palavras-chave: Gestão da Qualidade, Organizações, Clientes.

Abstract

Based on the information that was studied, in general, the focus of this research was to analyze quality management as an increment in the constant improvement of production processes, seeking to work on policies and methodologies currently instituted, in addition to making a whole structural analysis of the processes applied, going through the strategies outlined, reaching all the influence of quality management in the construction of efficient and quality production processes. This research context thus seeks to present concepts and general issues surrounding quality management, highlighting its importance in today's business environment. In the methodological path, bibliographic data from articles, magazines, books and academic works were used, with the aim of offering the research developed here, greater transparency and coherence, whose result evidenced a prominent role used by quality management in production processes and thus, in the construction of the quality, making of the same, main characteristic. The result thus found evidences the importance of quality management in production processes, having the role of influencing work methodologies and management processes, which highlights its strategic role, in such a broad production context.

Keywords: Quality Management, Organizations, Customers.

1. INTRODUÇÃO

O mundo como conhecemos atualmente, tem como uma de suas principais características ser mutável e assim, necessitar a todo momento de ações inovadoras e com verdadeiro papel de transformar o ambiente das organizações, se transformando em reflexos positivos.

Partindo de tal ponto, tem-se na gestão da qualidade fator essencial, instituindo meios e ações viáveis que visem à gestão de um tripé fundamental nas organizações modernas que são os produtos, serviços e processos aplicados, que bem geridos, levarão a satisfação dos clientes e na construção de um ambiente de trabalho mais saudável.

A gestão da qualidade busca neste contexto, instituir processos e meios que conciliem os produtos oferecidos, os serviços empregados, juntamente com os processos adotados, instituindo meios que controlem todas as ações a serem empregadas, baseando todos os processos na qualidade e satisfação do cliente final, o que passa a fazer parte da cultura organizacional e assim, de todas as atividades a serem instituídas.

Tendo isso em vista, a gestão da qualidade se torna ferramenta importante no ambiente das instituições atuais, delimitando e gerindo processos, melhorando as ferramentas de produção e a maneira que são aplicadas e assim, instituindo ações amplas e efetivas, que contribuam na estruturação das organizações e assim, em seu crescimento.

A gestão da qualidade, como também, seu papel de importância nas organizações e assim, nos processos produtivos, serão o foco de análise de tal projeto de pesquisa, buscando analisar, metodologias aplicadas, ações instituídas, mas principalmente, a realidade presenciada nas organizações, buscando de maneira analítica, fazer uma análise das mais variadas situações enfrentadas e do papel de importância da qualidade nas organizações.

Partindo de tal ponto, a pesquisa aqui desenvolvido teve como base de sustentação o estudo teórico e bibliográfico referente a gestão da qualidade e sua importância dentro das organizações, tendo como objetivo geral, analisar a importância da gestão da qualidade nas organizações contemporâneas, tendo também, como objetivos específicos, contextualizar a gestão da qualidade e seu processo histórico; apontar a importância da qualidade nos processos de produção empregados e apresentar metodologias e processos que compõem a gestão da qualidade.

Desta forma, foi buscado de maneira ampla, fazer um estudo da gestão da qualidade no ambiente organizacional, buscando entender sua influência nos processos produtivos e no crescimento organizacional, relacionando processos e dinâmicas empregadas, como também, o papel da cultura empregada para a aplicação da qualidade como ferramenta de crescimento.

Tem-se assim, como problemática desta pesquisa, entender a contribuição da gestão da qualidade no ambiente das organizações e assim, na melhoria constante dos mais variados processos empregados, tendo na eficácia e na qualidade total pilares essenciais.



O trabalho demonstrado é visto assim, como um assunto atual e de grande importância no ambiente das empresas, demandando ações cada vez mais atuantes e que o mesmo seja amplamente discutido e conhecido. Tendo isso em vista, foi utilizada como metodologia de trabalho a pesquisa documental e bibliográfica, nas quais foram realizadas consultas a livros, dissertações e artigos científicos, selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: livros, sites de banco de dados, dentre outras fontes. Buscando assim, dados e informações referentes ao assunto tratado.

2. A QUALIDADE E SUA IMPORTÂNCIA NOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Quando se fala na qualidade e em suas mais variadas nuances, percebe-se que a qualidade não é apenas um diferencial nos dias atuais, mas se tornou uma necessidade e um pré-requisito obrigatório seja qual for o setor da economia e sua aplicação, exigindo de todos um maior comprometimento, controle interno de processos e atividades aplicadas quando se remete a tomada de decisão e principalmente, a melhoria constante dos processos.

Para Carneiro (2020) a qualidade de processos reflete diretamente na competitividade empresarial, dessa forma as corporações devem focar diretamente no cliente e suas necessidades. Como uma das principais ferramentas empregadas dentro do ambiente organizacional, a qualidade é vista como fator essencial, visto que, disponibiliza ao ambiente das empresas, metodologias e processos novos que tem como foco, a melhoria constante dos produtos, serviços e processos aplicados. Seguindo esse pensamento, Machado (2012) destaca que a qualidade progrediu mediante aos anos anteriores e que hoje busca através de técnicas e instrumentos uma inspeção estatística de qualidade, preocupando-se diretamente com sua possível evidência. Com a mesma visão, Silva (2009) alega que essa qualidade precisa permanecer em constante evolução a qual varia desde a política até os níveis de estratégias da organização.

Percebe-se assim, que a qualidade em um contexto de análise abrangente, possui um amplo ambiente de aplicação, tendo atualmente o papel de controle da qualidade ou gerenciamento estratégico da qualidade, tendo como foco não apenas a satisfação do cliente em si, mas também, do mercado ao entorno, devendo ser um interesse de todos dentro das organizações. Começa-se a ser aplicada a excelência na utilização de recursos e meios disponíveis nas organizações, tendo como foco a obtenção de produtos que atinjam as necessidades do consumidor final, tendo assim suas expectativas saciadas, como também, das possibilidades de fabricação, construindo uma cultura organizacional que de acordo com Goulart & Bernegozzi (2010) é voltada em 3 pilares focadas em melhoria constante, domínio dos processos e controle.

Quando se fala na qualidade nos processos produtivos, obtemos uma relação direta com a redução de custos, buscando identificar e diminuir perdas na produção, tornando a organização cada vez mais competitiva perante seus concorrentes e atenciosa às necessidades dos consumidores, criando uma relação saudável entre as duas partes. Essa qualidade nos processos de produção tem ação primordial nas etapas de desenvolvimento, projetos, processo fabril e na comercialização dos produtos

3. GESTÃO DA QUALIDADE E SUAS FERRAMENTAS

A gestão da qualidade tem como intuito, instituir processos e meios que conciliem os produtos oferecidos, os serviços empregados, juntamente com os processos adotados, instituindo meios que controlem todas as ações a serem empregadas, baseando todos os processos na qualidade e satisfação do cliente final. Nessa mesma linha de raciocínio, a gestão da qualidade é definida como o conjunto de ações adotadas para se obter características do produto ou serviço capazes de satisfazer as necessidades e expectativas do cliente, oferecendo ferramentas para que as organizações implantem, gerenciem e chequem a qualidade de seus processos (ROBLES; BONELLI, 2006) corroborando com Correia (2011), que diz que seria um conjunto de atividades coordenadas com finalidade não só de atender as completas satisfações dos clientes, mas influenciar nas melhorias dos produtos e serviços.

A gestão da qualidade busca desta forma, englobar fatores essenciais quando se fala em processos corretos e que vejam a qualidade como a base para tudo, instituindo assim o planejamento, controle, garantia e melhoria constante das atividades, transformando constantemente o ambiente das empresas no intuito de que se construa o melhor ambiente possível.

No contexto atual, principalmente no que se refere ao Brasil, a gestão da qualidade vem sendo amplamente estudada e aplicada no ambiente das empresas, tendo como foco, a melhoria constante dos processos adotados no que se refere a produção e assim, se refletindo em uma maior satisfação de todos ao entorno, trazendo qualidade para todos os processos. Nesta perspectiva torna-se papel de destaque, introduzindo no ambiente das empresas, novas perspectivas e formas de ver o ambiente organizacional e os processos que compõem o mesmo, passando assim a influenciar em todo funcionamento das organizações, buscando ser ampla e efetiva, que tenha como foco a aplicação da qualidade desde a base e os processos mais simples, até chegar a gerencia e os processos decisórios.

É importante destacar que tal forma de gestão institui benefícios diretos, mudando toda a cultura organizacional a ser apresentada, diminuindo custos, diminuindo defeitos e erros nos processos de produção e assim, construindo diferenciais estratégicos, que farão a diferença para o crescimento institucional. Torna-se assim de grande valia, que se compreenda como essa gestão surgiu, suas características essenciais, ferramentas instituídas durante os anos e seus reflexos produzidos, com intuito de que se entenda como a gestão da qualidade passou a ter tanta importância dentro das organizações.

Vale ressaltar, que a gestão voltada à qualidade, dá início ao surgimento do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) que segundo Teixeira (2014) seria uma forma direcionada aos princípios da qualidade com total satisfação em relação a cultura dos gestores e empresários para que sejam compreendidos.

Para Machado (2012), o (SGQ) é primordial para as empresas já que utiliza métodos e mecanismos de garantia dos produtos beneficiando a total satisfação dos clientes.

Porém, a qualidade dos bens e serviços oferecidos pelas empresas não é recente, tal preocupação já vem à longa data, surgindo em meados dos anos 30, caracterizando-se pela introdução de técnicas de produção e processos de controle da qualidade, instituindo



do melhorias amplas no ambiente das empresas. Tal fase ficou conhecida como a era do controle estratégico, pois segundo Garvin (2002) foi uma época em que apareceu as principais técnicas de amostragens com finalidade de gerar resultados esperando estatisticamente.

Começou a surgir assim, dentro do ambiente das empresas, uma maior preocupação com todo contexto que compreende a qualidade e sua influência na produção de bens e serviços, revolucionando os mais variados processos a serem executados.

Seguindo o contexto de análise, em meados dos anos 70, começou-se a ser disseminada as informações de maneira ampla, aproximando as empresas e assim, os processos adotados pelas mesmas, levando ao surgimento de questão central quando se fala da gestão da qualidade, ganhando espaço o planejamento estratégico (MACHADO, 2012).

O planejamento começa a ganhar espaço e assim, servindo de base para ampla aplicação da gestão da qualidade, trazendo ao estudo variáveis técnicas fundamentais, como: a questão econômica, política, psicológica, social, dentre outras, questões estas tão essenciais e fundamentais no processo de gestão a ser empregado. Chegando ao período atual, nos deparamos com uma gestão da qualidade mais ampla e principalmente, mais influente no ambiente das organizações, visto que, a mesma abrange a empresa e suas mais variadas nuances, passando por questões de custo, atendimento, ética e segurança.

Surge no ambiente atual a gestão da qualidade total, com características próprias, que busca de acordo com Garvin (2002), estudar as seis dimensões fundamentais, entre elas destacando-se: Qualidade Intrínseca, Custo, Atendimento, Moral, Segurança e a Ética.

A “qualidade intrínseca” se relaciona diretamente com os produtos oferecidos e assim, o papel e poder que o mesmo tem de alcançar os objetivos traçados, influenciando de maneira geral, os objetivos e focos a serem empregados.

Tal dimensão possui influência direta com a dimensão “custo”, que busca relacionar o valor gasto no processo produtivo e assim, definir o valor final ou valor que será repassado para o consumidor final.

Seguindo esse processo de análise, chega-se à dimensão “atendimento” no processo de formação da gestão da qualidade, a mesma busca, não apenas se preocupar com a produção de bens e serviços, mas também, com a prestação de serviços e a excelência nas ações empregadas. Esse processo abrange três parâmetros importantes: local, prazo e quantidade que estão interligados na prestação de bens e serviços (SILVA, 2009).

Silva (2009) deixa claro que em relação a moral e segurança, baseia-se nos funcionários as quais são decisivos nos atos de trabalhos assim como sua notabilidade dentro de uma organização.

Por fim, chega-se à dimensão “ética”, com papel essencial, busca definir as regras, códigos de ética e processos a serem seguidos, definindo valores a serem instituídos e que servirão de diferencial em um mercado tão mutável.

Percebe-se assim, que são variadas as nuances que compõem a gestão da qualidade, interagindo desde os processos mais simples, como na formação dos produtos e serviços, chegando aos processos de tomada de decisão, até o relacionamento direto com o consumidor, se refletindo em produtos e serviços de excelência e em relações éticas entre todos.

De maneira ampla, a gestão da qualidade aparece como ferramenta essencial no ambiente organizacional atual, implementando processos e desenvolvendo facetas novas e que fortalecem as instituições em suas mais variadas vertentes, não influenciando apenas na questão produção ou oferta de serviços, mas sim, na empresa como um todo. Conforme Araújo (2007) essa gestão inicia-se no engajamento da organização em que todos os membros obtenham conhecimento máximo dos processos de trabalhos em equipe visando sempre a ampla concorrência do mercado.

A gestão da qualidade juntamente com suas ferramentas, buscam desta forma melhorar o resultado das organizações, trazendo eficiência aos processos e bem-estar a todos os funcionários, devendo ser destacado que os processos de qualidade são contínuos, visto que, as organizações devem se adequar aos mais variados cenários. Dessa forma ela é composta por inúmeras ferramentas, que auxiliam diretamente na composição de ações e na metodologia de trabalho que será utilizada, ajudando no entendimento de problemas que possam vir a surgir e assim, na composição de processos que ajudem a solucioná-los. Porém ela só será eficaz e plena, quando for seguido um ciclo de medições, análises e ações e melhoria, culminando em atividades realizadas de maneira coordenada, instituindo ações a serem empregadas e como as fazer. De maneira conclusa, tal forma de gestão introduz nas organizações um novo caminho a ser seguido, influenciando no crescimento das mesmas e assim, nos reflexos produzidos, o que poderá ou não servir de diferencial.

4. FERRAMENTAS DE PLANEJAMENTO E A GESTÃO DA QUALIDADE NOS PROCESSO PRODUTIVOS

Com relação aos processos produtivos baseadas na gestão de qualidade, destacamos as ferramentas de planejamento cujo sua finalidade é auxiliar na composição de ações, construção de estratégias e assim, na aplicação de ferramentas adequadas as necessidades impressas nos processos produtivos e de gestão, tendo como intuito, alcançar o nível de qualidade desejado.

Em uma pesquisa recente, Carneiro (2020) destacou como principais ferramentas: PDCA; Diagrama de Ishikawa; 5W2H; Seis Sigma e Programa 5S.

Inicialmente tem-se o PDCA, sigla que faz referência as palavras planejamento (plan), execução (do), verificação (check) e ação (action), tendo como foco estabelecer metas e definir como as mesmas serão alcançadas, instituindo treinamentos e estratégias de como agir para que os objetivos sejam alcançados. Tendo isso em vista, Xenos (2014) reforça que esse método é eficaz para atingir metas, impulsionando e melhoras os resultados a serem alcançados.

Desta forma, o PDCA precisa ser aplicado seguindo um sistema cíclico, que se ini-



cia no planejamento, segue para a execução, vai para a verificação e por fim chega-se a ação, criando uma cultura de trabalho marcada pelo planejamento desde o início de cada processo com o objetivo de que se tenha sucesso nas mais variadas atividades (figura 1).

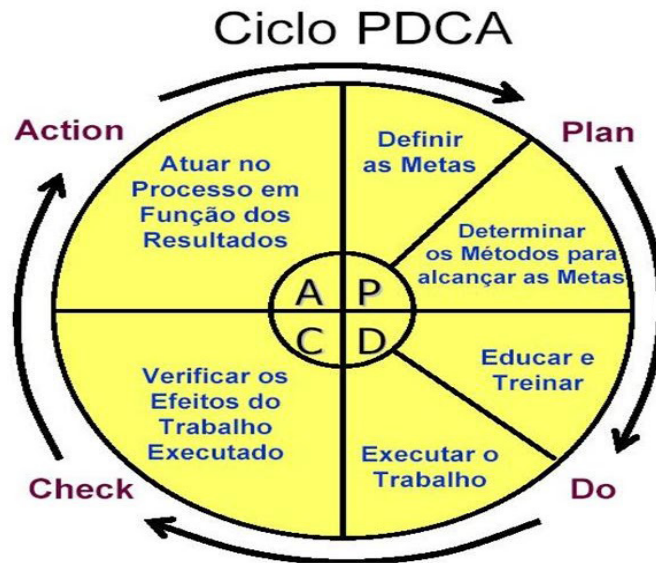


Figura 1- Ciclo PDCA
Fonte: Xenos (2014)

O PDCA cria de certa forma, um verdadeiro ciclo da qualidade, verificando as metas traçadas, determinando os métodos de como alcançar as mesmas, educando e treinando todos os envolvidos e assim, controlando os mais variados processos envolvidos.

Partindo para análise das outras ferramentas de planejamento aplicadas na gestão da qualidade nos processos produtivos, tem-se o “Diagrama de Ishikawa”, também chamado de diagrama de espinha de peixe, tem o objetivo de identificar e assim apontar todos os possíveis problemas no processo produtivo. Com relação a esse diagrama, baseado nas pesquisas realizadas por Ballesteros (2001), é definido como os seis M, em que cada etapa desenvolve papel fundamental nessa ferramenta (figura 2).

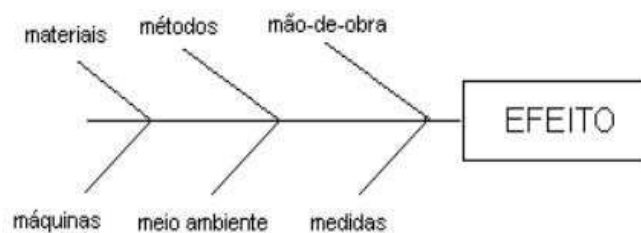


Figura 2- Diagrama de Ishikawa
Fonte: Campos (2010)

São assim levados em consideração todos os fatores que compõem a cadeia produtiva, verificando se todas as atividades estão sendo aplicadas de forma correta, partindo dos objetivos impressos, levando a construção de uma cultura de trabalho focada em processos que visem a qualidade.

Chega-se assim à terceira ferramenta que é o “5W2H”, voltada ao planejamento dentro dos processos produtivos, busca definir como as atividades serão executadas, trazendo clareza e dinâmica as atividades utilizadas, se refletindo em um maior controle das atividades. A ferramenta 5W2H busca assim, mapear as atividades do plano de ação

(figura 3).

Por tanto leva-se em consideração alguns questionamentos de acordo com Pacheco (2009) sendo os seguintes:

- What: O que será feito?
- Why: Por que será feito?
- How: Como será feito?
- Where: Onde será feito?
- When: Quando será feito?
- Who: Quem fará?
- How much: Quanto custará?

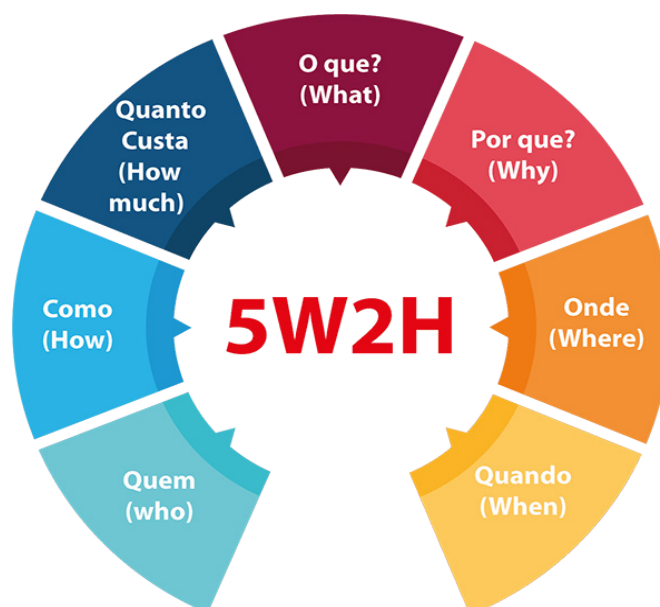


Figura 3 - 5W2H
Fonte: Pacheco (2009)

Tais questionamentos são fundamentais, pois começa a ser delimitado o que será feito, por que será feito, como será feito, onde será feito, quando será feito, quem fará e quanto custará, instituindo todo um planejamento amplo que veja os processos de produção em suas mais variadas nuances, passando pelo operacional, custos e questões gerenciais, trazendo uma visão 360 graus das atividades. Para Carneiro (2020), a ferramenta 5W2H é importante pois ela contribui diretamente nas composições de ações e finalidades.

Seguindo o processo de análise, chega-se à ferramenta “Seis Sigma”, considerada uma ferramenta de estratégia gerencial, busca focar nas análises quantitativas, com intuito de se obter mais lucro e assim melhore o desempenho da empresa, se refletindo em uma melhoria na qualidade dos produtos oferecidos, como também, de todos os processos empregados.

Por se tratar de uma ferramenta com foco nas estratégias gerenciais, a mesma destaca-se por sua ênfase na tomada de decisão, partindo de dados e fatos obtidos a partir de análises minuciosas do ambiente da empresa, partindo das atividades desenvolvidas, chegando até as decisões, todas com papel de influenciar na qualidade a ser apresentada.

Em contra partida, Carneiro (2020) relata que as tomadas de decisões não são baseadas somente nas experiências pessoais, mas sim em acontecimentos comprovados. Partindo das informações dispostas, Gygi (2008) aponta que em relação ao projeto Seis Sigmas, começa com problema inicial, porém é importante que finalize com uma boa solução, através do uso das ferramentas e suas metodologias.

Percebe-se que tal ferramenta busca detectar os problemas que possam influenciar na qualidade dos produtos e serviços da organização, delimitando atividades e metodologias a serem instituídas, todas com o intuito de melhorar constantemente o ambiente organizacional. Vale destacar, que tal ferramenta depende do empenho e do interesse de todos os indivíduos envolvidos.

Por fim, o "Programa 5S" cujo é uma ferramenta bem conhecida e empregada constantemente nas organizações que veem a qualidade como diferencial estratégico (figura 4).

O programa 5S tem assim como pilares principais 5 fatores, sendo os mesmos a organização, arrumação, limpeza, saúde e a padronização (SILVA, 2001).

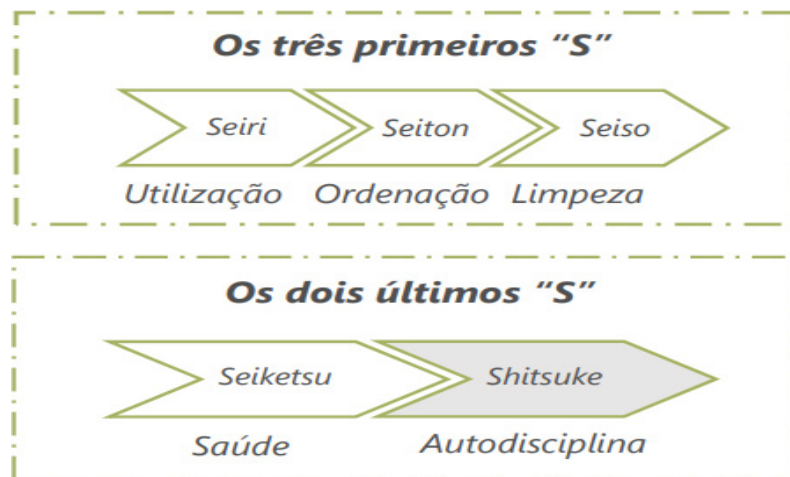


Figura 4 – Programa 5S
 Fonte: Carneiro (2020, p. 33)

Inicialmente tem-se a "organização", fundamentada na otimização, alocação e utilização de equipamentos, busca instituir senso de utilização e de como todos os insumos serão empregados, descartando o que for desnecessário nas atividades cotidianas. Conforme Gonzalez (2005), essa organização tem por objetivo a otimização, a alocação e a utilização de equipamentos em geral

Continuando o processo de pesquisa, chega-se ao segundo pilar, sendo o mesmo "arrumação", tal ferramenta caracteriza-se por seu contexto organizador, tendo como foco a otimização da área de trabalho, englobando estrutura da empresa, disposição de materiais e insumos, buscando uma maior dinâmica de trabalho e aproveitamento ao máximo do tempo, sem esquecer da qualidade nos processos. Com base nas pesquisas de Carneiro

ro (2020) esse pilar serve para organizar e facilitar o acesso dos materiais assim como seus recursos, servindo como uma ordem de uso quando necessários e agrupadas em um determinado local. Essa mesma concepção é vista por Gonzales (2005) a qual percebe que essa forma de organização favorece na localização dos materiais, tornando-se uma ferramenta de grande valor para uma empresa.

Com tudo é necessário que comece a ser empregada na cultura organizacional, metodologias que facilitem o manuseio dos mais variados produtos, como também, facilite a localização de materiais, auxiliando no armazenamento de materiais, fator tão importante nos processos produtivos.

Chega-se ao terceiro pilar que é a “limpeza”, com objetivo central que é deixar o ambiente organizacional sempre limpo e assim, em condições para pleno uso, interage diretamente com os pilares anteriormente citados, unindo a limpeza, organização e a arrumação. Constrói-se um ambiente organizacional limpo e saudável para se trabalhar, refletindo-se no bem estar de todos e assim em um serviço de qualidade que acabará culminando na satisfação da empresa, como também, de seus consumidores.

Temos agora a “saúde e a padronização”, a mesma objetiva a atenção à saúde física, emocional e mental, instituindo procedimentos de higiene e segurança que faram parte do ambiente institucional, combatendo diretamente doenças e acidentes provenientes do ambiente organizacional. Conforme Silva (2001), é necessário que todos dentro de uma organização sejam cientes desses principais hábitos, levando em conta as normas de prevenções.

Por fim, chega-se ao último pilar que é a “autodisciplina”, caracterizado pelo compromisso de todos os indivíduos que compõem a empresa, procurando dá ênfase mediante as ferramentas anteriormente citadas, devendo os mesmos com tais responsabilidades e objetivos da empresa com os clientes.

O Programa 5S é visto assim, como ferramenta de grande importância, vendo as organizações como um todo, percebendo as necessidades e problemáticas que devem ser combatidas e assim sanadas, tendo como objetivo a qualidade em todas as atividades. De forma ampla, todas as etapas de planejamento desenvolvem um papel fundamental na gestão de produção, demonstrando características e diferenciais, sendo de um único objetivo, que é trazer para o ambiente das empresas uma cultura marcada pela melhoria constante dos processos e atividades, fazendo da qualidade um diferencial estratégico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o assunto estudado, percebeu-se o quanto a gestão da qualidade é importante dentro do ambiente organizacional e assim, na construção dos processos produtivos, construindo toda uma nova realidade, marcada pela excelência nos processos e pela melhoria constante das metodologias de trabalho, trazendo para a cultura das empresas a necessidade de melhoria constante e a busca da qualidade como diferencial estratégico, no intuito de que se construa toda uma estrutura de gestão cada vez mais ampla.



Pode-se, portanto, dizer que emerge, dentro do contexto atual, uma nova forma de ver os processos e assim, as metodologias de produção, buscando instituir treinamentos, estratégias e aplicação de ferramentas de trabalho que tenham na gestão da qualidade sua base principal.

O desenvolvimento de uma cultura focada na gestão da qualidade, que tenha, na adoção de meios pautados cada vez mais na qualidade dos processos produtivos, como, também, no amplo desenvolvimento de formas que propiciem a melhoria constante das atividades empregadas, torna-se uma necessidade. Entra, nesse contexto de análise, o papel desempenhado pelas organizações e a gestão instituída, consideradas como fundamentais no amplo desenvolvimento da gestão da qualidade e na instituição de meios que proporcionem a qualidade total dos produtos e serviços oferecidos, levando a instituição de ações que sirvam de apoio e suporte a todas as necessidades impostas.

Pensar em todas as necessidades instituídas dentro do ambiente organizacional e no desenvolvimento de maneiras de enfrentamento das mais variadas problemáticas no intuito de que se tenha a qualidade como pilar principal, torna-se uma necessidade constante, tendo em vista que o ambiente das empresas está propício ao enfrentamento de inúmeras barreiras que influenciam diretamente na evolução dos processos, se refletindo na gestão da qualidade e assim, em sua efetividade.

Nesta pesquisa, verificou-se a importância de todas as ações difundidas no desenvolvimento da gestão da qualidade, tendo nos processos empregados papel de destaque, visto que adota uma série de medidas de amparo e suporte às estratégias de gestão difundidas, disponibilizando recursos, que proporcionem, não apenas a aplicação de ações, mas também, mude a cultura percebida e como as empresas observam seus produtos e serviços quando se remete a qualidade e satisfação do cliente final.

É relevante lembrar que todo o percurso desenvolvido teve como principal problemática entender a contribuição da gestão da qualidade no ambiente das organizações e assim, na melhoria constante dos mais variados processos empregados, tendo na eficácia e na qualidade total pilares essenciais. Com base nessa assertiva, foi possível perceber o quanto a gestão da qualidade se faz importante no ambiente atual, quando se remete a construção de organizações modernas e que veem na qualidade um diferencial competitivo, levando assim a construção de estratégias e aplicação de ferramentas que busquem sempre a excelência, mas principalmente, combatam o erros e barreiras dentro do processo produtivo, culminando em um resultado amplo e que seja favorável às instituições, como também, ao consumidor final.

Torna-se, assim, fundamental, a compreensão, por parte das organizações, mas principalmente das formas de gestão aplicadas, a importância de se utilizar as ferramentas da qualidade, bem como sua diversidade de estratégias, visto que cada ferramenta reagirá de forma diversa perante cada caso a ser resolvido, mas todas com um único resultado, a excelência nos serviços e produtos oferecidos. Dessa maneira, deve ser criado todo um ambiente que busque conciliar as ações instituídas, como os processos gerenciais, juntamente com a realidade das organizações e o foco que cada uma tem, no intuito de se apliquem medidas para sanar as problemáticas apresentadas, tendo, na qualidade, o foco central.

Tomando por base os pontos trabalhados na pesquisa, compreendemos que as ações entorno da gestão da qualidade são fundamentais para o sucesso organizacional, devendo as empresas estarem em constantes transformações e evoluções, visto que a realidade empresarial, principalmente no que se remete aos processos produtivos, hoje, demanda ações cada vez mais precisas, que tenham, no enfrentamento das mais variadas problemáticas, o objetivo central. Mas, ainda há muito a ser transformado, partindo do ponto de que todas as ações devem ser constantemente melhoradas e transpostas para a realidade, tendo como objetivo principal uma gestão da qualidade ampla e com verdadeiro papel de transformação.

Referências

ARAÚJO, C. G. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional:** arquitetura organizacional, benchmarking, empowerment, gestão pela qualidade total, reengenharia. 3. ed. São Paulo: Atlas. 2007.

BALLESTERO, A. M. E. **Administração da qualidade e da produtividade:** abordagens do processo administrativo. São Paulo: Atlas. 2001.

CARNEIRO, E. M. **A importância da Gestão da Qualidade e de suas ferramentas na atuação da engenharia de produção:** uma revisão bibliográfica. Congresso brasileiro de engenharia da produção. Paraná: 2020.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes.** 4.ed. São Paulo: Atlas. 2010.

CORRÊA, H. L. A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 690p.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade.** A visão estratégica e competitiva. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GONZALEZ, E. F. **Aplicando 5S na construção civil.** Florianópolis: Ed. UFSC, 2005.

GOULART, L. E. T., BERNEGOZZI, R. P. **O uso das ferramentas da qualidade na melhoria de processos produtivos.** XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. São Carlos – São Paulo: 2010.

GYGI, C. K. **Seis sigma para leigos.** Rio de Janeiro: Alta Books, 2008.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade /** Simone Silva Machado. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

PACHECO, D. **Estudos de administração judiciária:** reflexões de magistrados sobre a gestão do Poder Judiciário. Porto Alegre: HS Editora, 2009

ROBLES, A. J.; BONELLI, V. V. **Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente:** Enfoque econômico, financeiro e patrimonial. Editora: São Paulo: Atlas 2006.

SILVA, M. V. M. F. P. **Gestão do Conhecimento Aplicada à Coordenação de Projetos de Edificações.** Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, IV, Rio de Janeiro, Dez, 2001.

SILVA, M. Â. (2009). **Desenvolvimento e implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade** (Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal). Disponível: <http://hdl.handle.net/10773/171>. Acesso em: 21 de abril de 2022.

TEIXEIRA, P. C. Padronização e melhoria de processos produtivos em empresas de panificação: estudo de múltiplos casos. **Production**, v. 24, n. 2, p. 311-321, 2014.

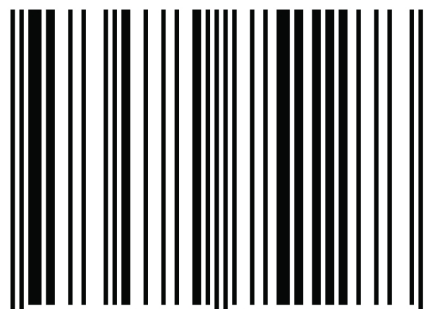
XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva:** o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade. 2. ed. Nova Lima: Falconi, 2014.



O livro apresenta vários estudos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica, engenharia civil e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, construção civil, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto etc.

ISBN: 978-65-80751-27-3

BR



9 786580 751273

