

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

1
Volume

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

ESTUDOS EM ENGENHARIA & INOVAÇÃO

VOLUME 1

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)

O48c

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.

627 f. : il.: (Estudos em engenharia e inovação; v. 1)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-26-6

D.O.I.: 10.29327/566373

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 AMBIENTAL

CAPÍTULO 1	13
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AQUECIMENTO GLOBAL: SUAS IMPLICAÇÕES NO ESTADO DO MARANHÃO Claúdio Bastos Filgueiras Junior	
CAPÍTULO 2	31
SETOR SUPERMERCADISTA NA ETAPA DA GERAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS E O REFLEXO NA QUESTÃO AMBIENTAL Gilson da Silva Pereira	
CAPÍTULO 3	49
IMPACTOS AMBIENTAIS NA DESTINAÇÃO INCORRETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS Thamiris Silva Pereira	
CAPÍTULO 4	66
O IMPACTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MEIO AMBIENTE José Wellington Bezerra Viana Júnior	
CAPÍTULO 5	86
NÍVEIS DE PRODUÇÃO X MECANISMOS SUSTENTÁVEIS NAS EMPRESAS: REFLEXOS NOS RESULTADOS ECONÔMICOS E RESPONSABILIDADE SOCIAL Paulo Roberto Monteiro Sousa	
CAPÍTULO 6	97
SANEAMENTO AMBIENTAL: IMPORTÂNCIA DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO Francisco Edésio Soares Nina	
CAPÍTULO 7	116
DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS SOCIO-AMBIENTAIS Werberth Silva Coelho	
CAPÍTULO 8	134
A IMPORTÂNCIA DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS Thaynaira Moreira Araújo	

SEÇÃO: ENGENHARIA CIVIL

CAPÍTULO 9..... 152

IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL

Lucas de Jesus Lindoso Teixeira
Jose Carlos Gaspar Junior

CAPÍTULO 10..... 173

AS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE MINERAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E QUALIFICAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Higo Xavier dos Santos

CAPÍTULO 11 187

A LOGÍSTICA DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Marcos Antonio Rocha dos Santos

CAPÍTULO 12..... 199

A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS E SUAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

João Américo Carvalho Mendonça

CAPÍTULO 13..... 212

O PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE CEMITÉRIOS

Mayron Silva Alves

CAPÍTULO 14..... 227

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO

Isabela de Carvalho Colins

Arthur Silva Soares

CAPÍTULO 15..... 243

ANÁLISE DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS E SUA CONTRIBUIÇÃO NA COLETA DE ÁGUA PLUVIAL NO ESPAÇO URBANO

Everton da Silva Santana

John Victor Moraes dos Santos

CAPÍTULO 16..... 260

GESTÃO DE QUALIDADE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUGESTÃO DE APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

Rafael Leite Gomes

CAPÍTULO 17.....	274
APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS PARA CONTRIBUIR COM SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS Paula Kianne da Silva Lobo	
CAPÍTULO 18.....	293
PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL - EDIFICAÇÕES. ESTUDO, CAUSAS E TRATAMENTOS DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO Ana Helena Paixão Pereira Yone Alves Galdino	
CAPÍTULO 19.....	310
AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS NA HABITAÇÃO POPULAR Wbiracy de Jesus Ferreira Costa Júnior Isabela de Carvalho Colins Daniel Maia de Carvalho	
CAPÍTULO 20.....	322
A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL Andréa Rakel Sousa Pereira Josana Diniz Ribeiro	
CAPÍTULO 21.....	339
REUTILIZAÇÃO DE RECURSOS DENTRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A SUSTENTABILIDADE NA OBRA Maycon Bruno Sousa da Silva	
CAPÍTULO 22.....	353
SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROJETO COM USO DE CONTÊINERES Givanildo Nunes Neves	
CAPÍTULO 23.....	365
A SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL Dyarla Oliveira Mesquita	

SEÇÃO: ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

CAPÍTULO 24.....	375
CONTROLE E AUTOMAÇÃO APLICADA A COMPUTAÇÃO EM NUVEM: DIGITALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0 Marcos Andrey dos Santos Ferreira Jermilson Gomes Soeiro	
CAPÍTULO 25.....	394
A EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO NO CHÃO DE FÁBRICA Gilbení Ferreira Moreira	
CAPÍTULO 26.....	414
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZADO DE MÁQUINAS NA EMPRESA Mateus Freire Ferreira	
CAPÍTULO 27.....	426
DOMÓTICA: SISTEMAS ELÉTRICOS AUTOMATIZADOS DE MONITORAMENTO AUXILIANDO NA SEGURANÇA RESIDENCIAL Jermilson Gomes Soeiro	
CAPÍTULO 28.....	444
AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS Paulo Cantanhede Costa	
CAPÍTULO 29.....	455
ESTUDO TEÓRICO SOBRE OS DESAFIOS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NAS EMPRESAS Frederico Aguiar Silva	
CAPÍTULO 30.....	470
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM IOT Paulo Ricardo da Conceição	
CAPÍTULO 31.....	495
O AVANÇO DO SISTEMA EMBARCADO NA INDUSTRIA AUTOMOTIVA Reginilson Carvalho Dos Santos	

SEÇÃO: ENGENHARIA ELÉTRICA

CAPÍTULO 32.....	507
-------------------------	------------

GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Jardel Bezerra Gonçalves

CAPÍTULO 33.....	525
-------------------------	------------

ESTUDO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA DAS ONDAS E DAS MARÉS

Flaviane De Jesus Silva Pimenta

Rafael Brito de Sousa Veras

Angelo Marcelo Vaz Delago

CAPÍTULO 34.....	543
-------------------------	------------

UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS AO RACIONAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM INDÚSTRIAS

Ático Fabrício Lima dos Santos

CAPÍTULO 35.....	559
-------------------------	------------

OSCILAÇÃO DE TENSÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO E MEDIDA DE REGULARI- ZAÇÃO

Bruna Celeste Costa Bezerra

CAPÍTULO 36.....	576
-------------------------	------------

USO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Jeová Nascimento de Almeida

CAPÍTULO 37.....	589
-------------------------	------------

MINI GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO CONTEXTO BRASILEIRO

Jessyka Conceição Moreira Ferreira

SEÇÃO: ENGENHARIA QUÍMICA

CAPÍTULO 38.....	608
-------------------------	------------

USO DE SOFTWARES LIVRES PARA MODELAGEM, OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Vandeson Silva dos Santos



**Engenharia
Ambiental**

CAPÍTULO 1

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AQUECIMENTO GLOBAL: SUAS IMPLICAÇÕES NO ESTADO DO MARANHÃO

*CLIMATE CHANGE AND GLOBAL WARMING: ITS IMPLICATIONS IN THE
STATE OF MARANHÃO*

Claúdio Bastos Filgueiras Junior¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís- MA

Resumo

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica. O Estado encontra-se numa posição entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas. Fisiograficamente, o estado apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. O clima semiúmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade de mudanças. Assim, no contexto de mudança global, o perigo é determinado pelas condições ambientais e pela escala do evento. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho foi identificar as causas das mudanças climáticas e ambientais no Estado do Maranhão. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Conclui-se que as mudanças climáticas estão ocorrendo de forma diferente em diferentes regiões do Estado do Maranhão. Em relação a temperatura, o comportamento é homogêneo, ou seja, todas as estações registraram a tendência de aumento, de forma intensa e estatisticamente significativa.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas, Desequilíbrio, Desastres Naturais, Estado do Maranhão.

Abstract

Maranhão is located in a transition area between the northeast region and the Amazon region. The State is in a position between three Brazilian macro-regions: Northeast, North and Midwest. Thus, they bring together phytogeographic and climatological features characteristic of these areas. Physiographically, the state has seven micro-regions: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões and Planalto. The semi-humid climate covers a large portion of the territory of Maranhão where the soils present a wide variety of changes. Thus, in the context of global change, hazard is determined by environmental conditions and the scale of the event. In this sense, the main objective of this work was to identify the causes of climate and environmental changes in the State of Maranhão. 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 environmental engineering. It is concluded that climate change is occurring differently in different regions of the State of Maranhão. In relation to temperature, the behavior is homogeneous, that is, all seasons registered a tendency to increase, in an intense and statistically significant way.

Keywords: Climate Change, Imbalance, Natural Disasters, State of Maranhão

1. INTRODUÇÃO

As mudanças pelas quais o mundo está passando não se limitam ao clima. A globalização (aumento da conectividade de pessoas, bens e informações), mudanças ambientais e instabilidade nos sistemas governamentais estão se acelerando em meio às mudanças climáticas.

Os riscos ligados às mudanças climáticas globais não podem ser analisados sem considerar esse contexto. Em vez disso, deve-se enfatizar que o risco é o produto de perigos e vulnerabilidades, como geralmente são medidos em engenharia. Assim, no contexto de mudança global, o perigo é determinado pelas condições ambientais e pela escala do evento.

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica. O Estado encontra-se numa posição entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas. Fisiograficamente, o Maranhão apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. O clima semiúmido abrange grande porção do território maranhense onde os solos apresentam uma grande variedade de mudanças.

Essas mudanças podem ser consideradas como uma das ameaças mais significativas à sobrevivência dos ecossistemas, com vários efeitos potenciais sobre indivíduos, populações e comunidades, os quais já começam a ser detectados. Modificações na temperatura e precipitação também poderão acarretar em modificações nos recursos hídricos, afetando o abastecimento humano, geração de energia e agricultura

Diante desse contexto, justifica-se que as mudanças climáticas estão ocorrendo de maneira diferente em diversas regiões do Estado do Maranhão. Em relação a temperatura, o comportamento é homogêneo, ou seja, todas as estações registram a tendência de aumento de forma intensa e estaticamente significativa.

Nota-se a necessidade de entender que os efeitos das mudanças climáticas afetam de maneira negativa a população, o ecossistema, as atividades econômicas, a infraestrutura e o sistema produtivo do Estado do Maranhão de maneira uniforme. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: quais as principais implicações dos impactos gerados com as mudanças climáticas no Estado do Maranhão

No objetivo geral do presente estudo identificar as causas das mudanças climáticas e ambientais no Estado do Maranhão. Além dos objetivos específicos que são conceituar mudanças climáticas e ambientais; apresentar as consequências dos impactos socioambientais recorrente das mudanças climáticas e conhecer a percepção socioambiental na discussão de ações de responsabilidade social no Estado do Maranhão.

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), Re-

vista Eletrônica de Engenharia e Sustentabilidade (REES), 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. DESENVOLVIMENTO

2.1 Características das mudanças climáticas

Segundo Flores (2017) uma das características marcantes das alterações climáticas é o fato de que a população atmosférica não respeita fronteiras, o local onde os gases do efeito estufa são liberados não será aquele que mais sofrerá suas consequências. Pelo contrário, observa-se, por exemplo, que os pequenos Estados Insulares são os mais impactados por essas transformações devido a suas especificidades geográficas mesmo contribuindo irrisoriamente para o problema.

De acordo com a definição utilizada pelo Painel Intergovernamental de Mudança do Clima mudança climática se refere a variações estatisticamente significativas do clima ou da sua própria variabilidade desde que estas persistam durante um período relativamente longo de tempo (IPCC, 2020).

Para Santos (2013) em todas as emissões feitas por seres humanos podem causar o aquecimento atmosférico, como muitos podem acreditar equivocadamente. Os aerossóis, por exemplo tendem a refletir o calor e, conseqüentemente, esfriar a temperatura. No entanto, essa substância tem um tempo de vida muito curto enquanto o dióxido de carbono, por sua vez, permanece na atmosfera por aproximadamente 100 anos e apresenta um papel de destaque na literatura relacionada à economia ambiental, pois representa cerca de 55% das emissões totais dos gases de efeito estufa (SANTOS, 2013).

O vapor d' água (H₂O), o ozônio (O₃), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂) e o dióxido de carbono (CO₂) são chamados de gases de efeito estufa (GEE) devido a sua capacidade de reter calor, intensificando um processo natural sem o qual não seria possível a existência de vida na Terra como hoje se conhece, dado que a temperatura global seria muito mais baixa do que é hoje (MONTEIRO, 2010).

Pamplona (2018) explica que o efeito estufa natural faz parte do balanço de energia da Terra e que qualquer alteração deste pode causar variações na temperatura terrestre. Os aumentos das concentrações desses gases diminuem a capacidade da Terra de se esfriar. Ela naturalmente absorve a radiação solar e redistribui essa energia através da circulação atmosférica e oceânica, emitindo para o espaço a mesma proporção de energia recebida do sol sob a forma e radiações infravermelhas, absorvidas pelo CO₂. Quando há uma elevação demasiada do número de partículas na atmosfera capazes de absorver essa radiação, retendo calor, a mudança climática pode ocorrer. Se a ação humana ou antrópica (somada aos fenômenos naturais) altera esse processo de emissão, absorção e redistribuição de energia, um superaquecimento poderá ser causado.

Schimel (2012) diz que o total do aquecimento observado hoje vai depender da quantidade de gases já presentes na atmosfera estoque e da magnitude do aumento da concentração de cada gás de efeito estufa. O impacto das emissões mais recentes na temperatura global só poderá ser computado daqui há uns 100 anos.

A mudança climática global é a mudança do clima da terra. Embora também possa ter causas naturais, o fenômeno que testemunha está relacionado ao aumento dos gases de efeito estufa emitidos na atmosfera pelas atividades humanas. Após a revolução industrial, nas décadas de 18 e segunda metade do século 20, com a expansão da produção, esses gases passaram a ser liberados com maior intensidade (INPE, 2018).

A mudança climática e o aquecimento global são fenômenos inter-relacionados, mas diferentes. O aquecimento global é o aumento real da temperatura média da terra, ou seja, devido ao efeito estufa, a temperatura média do oceano e da camada de ar próxima à superfície da terra aumenta. Esse fenômeno pode ter causas naturais ou pode ser causado por atividades humanas. O aumento do efeito estufa testemunhado hoje é causado pelas atividades humanas, que liberam grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (ARAUJO, 2016).

As mudanças climáticas são fruto do desequilíbrio energético do planeta decorrente do aquecimento global e tem resultados diversos, não apenas os diretamente relacionados a um aumento de temperatura, como o derretimento de calotas polares. São também consequências das mudanças climáticas as ondas de frio extremas presenciadas em alguns países, por exemplo (REIS, 2017).

Como o clima da Terra mudou nos últimos 800.000 anos, pode-se ver várias mudanças no ciclo de gelo e derretimento. Todas essas mudanças são naturais. Nos últimos 400.000 anos, quatro diferentes ciclos glaciais e interglaciais ocorreram, com temperaturas mais baixas no período glacial e temperaturas mais altas no período interglacial. Essa oscilação entre os períodos quentes e frios na Terra é natural. Atualmente, encontra-se em um pico interglacial cuja temperatura é cerca de 5°C ou 6°C superior ao último pico glacial de 20.000 anos atrás (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

As mudanças climáticas são fruto do aquecimento global, que, por sua vez, são fruto do agravamento do efeito estufa. O efeito estufa é um fenômeno natural no qual parte da energia solar que chega à Terra, que seria irradiada de volta ao espaço, permanece na atmosfera devido à presença de gases de efeito estufa, que mantém a temperatura do planeta em níveis que possibilitam a vida no planeta conforme Figura 1 os três principais GEE são o gás carbônico (CO₂), o gás metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

O problema que se vivencia hoje se deve ao agravamento do efeito estufa pelo aumento na concentração de GEE na atmosfera, desestabilizando os processos naturais de troca de calor, causando aquecimento global (O ECO, 2013).

A influência da atividade humana sobre o clima é complexa, fruto do que consome, do que se come, do tipo de energia que produz e utiliza, se vive-se no o modo de vida reflete diretamente na maior ou menor emissão de gases de efeito estufa para a atmosfera.

Brandão (2016) explica que o clima da terra é resultado de interações complexas en-



tre os 5 componentes básicos do sistema climático: atmosfera, oceanos, biosfera, criosfera e geosfera. Tal sistema encontra-se em estado de equilíbrio quando a radiação solar absorvida pelo planeta é equilibrada pela radiação emitida para o espaço. Fatores que alterem esse estado, mudando, conseqüentemente o clima, são conhecidos como agentes de coerção radioativos. Exemplos desses agentes são os gases de efeito estufa, a própria radiação solar e os aerossóis.

Monteiro (2010) cita ainda que a biogeoquímica é a disciplina que estuda a produção, o consumo e a circulação de componentes bioquímicos pela biota, atmosfera e oceanos, sendo, as retroalimentações biogeoquímicas são processos que, diante de uma mudança no clima, produzem (retroalimentações positivas: acentuam o aquecimento global) ou consomem (retroalimentações negativas: amenizam o aquecimento global) muitos dos GEEs.

As retroalimentações podem ser geofísicas ou biogeoquímicas. A reação das nuvens e do ciclo oceânico ao aumento de temperatura são exemplos de retroalimentações geofísicas. Já a quantidade de CO₂ absorvido ou liberado pelo oceano e pela a terra com esse aumento é o exemplo de retroalimentações biológicas, salvo algumas exceções, são processos que aceleram o efeito estufa.

Os mecanismos de retroalimentação do sistema terrestre são importantes reguladores da dinâmica do clima tanto localmente como globalmente. Tais mecanismos podem ocasionar efeitos positivos ou negativos à medida que são transferidos de um subcomponente do sistema para outro (PLAMPLONA, 2018).

A pesquisa climatológica no estado do Maranhão abrange os mais diversos temas, desde estudos descritivos referenciando pesquisas históricas escritas por exploradores e colonos até temas climatológicos atuais, como clima urbano e o uso de técnicas e variáveis de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise de condições variáveis do clima (TORRES et al. 2016).

Um dos primeiros registros das condições climáticas do Maranhão está em seu livro *Ilha dos Capuchinhos, Maranhão, durante sua expedição ao Maranhão com os padres capuchinhos A História e Missão dos Padres da Igreja*. Na época, Abbeville tentou descrever o clima percebido da ilha de forma preliminar (TORRES et al., 2016).

Torres et al., (2016) também fornece uma classificação geral do clima do mundo, classificando a área em que o Maranhão está geograficamente localizado como uma "zona tropical" onde, segundo ele, "o sol reflete fortemente seus raios", porém, apesar desta classificação, mas também disse que existem alguns fatores especiais que tornam o clima agradável no final. Pode-se perceber ainda que a fusão entre ciência, religião e divindade foi frequente em quase todos os estudos naquele momento histórico específico, como deixam claro os trechos do livro a seguir.

Observa-se o contrário nas ilhas do Maranhão e nas terras adjacentes do Brasil, que ficam logo abaixo dos trópicos, a mais ou menos dois graus e meio do equador, em direção aos trópicos de Capricornus, onde o sol passou duas vezes pelo zênite, e o calor era realmente insuportável, não fosse o zelo da Providência Infinita, que milagrosamente ume-deceu e moderou. Se a temperatura ou clima de uma região depende apenas da pureza e

doçura do ar, acredito (o que parece paradoxal para muitos) que não há lugar no mundo mais ameno e gostoso (ABBEVILLE, 2010, p. 153)

Em uma fase em que a meteorologia, a climatologia e a geografia já estavam estabelecidas como uma ciência por si só, nos baseamos no trabalho de Lopes (2011) quando escreveu que uma Região Tropical, considerado um dos primeiros livros a estudos do estado do Maranhão. Os autores supracitados analisam os aspectos físicos e socioculturais do Maranhão, influenciados pelas tendências atuais do pensamento geográfico francês da época.

Lopes (2011) classifica basicamente o clima do Maranhão como zona de transição entre os climas amazônico e tropical, apresentando assim duas estações como uma classificação climática como “uma seca e outra chuvosa”, com predominância da parte equatorial. caracterizado por dois períodos distintos em que a principal estação chuvosa é interrompida pela escassez de chuvas de curto prazo; o segundo é o “clima sudanês”, que apresenta menos chuvas.

A partir do estudo final fica claro o conhecimento sistemático dos sistemas atmosféricos, massas de ar, em funcionamento no Maranhão, além de sua influência nas chuvas aparentes e nos períodos secos. Naquela época, métodos de medição, como o uso de ferramentas como termômetros e pluviômetros, já eram utilizados para possibilitar medições em campo em diversas regiões do estado (TORRES et al., 2016).

Com a criação do Instituto Nacional de Meteorologia em 1909, várias estações meteorológicas foram instaladas em todo o Brasil, otimizando o estudo da climatologia brasileira. Mendonça e Oliveira (2017, p.18) destacam que na década de 1930 o Brasil começou a resolver os problemas climáticos em termos de dinâmica das massas de ar e sistemas atmosféricos e, por volta da década de 1950, as pesquisas voltaram-se para as regiões Centro-Oeste e Nordeste do país.

2.2 Consequências dos impactos socioambientais recorrentes das mudanças climáticas

A percepção pressupõe a consciência do impacto das ações humanas na natureza e no futuro do planeta, que pode variar de pessoa para pessoa. Como a interpretação é variável, os níveis de educação e experiência podem afetar a percepção, assim como as atitudes e o comportamento de consumo. A percepção não é apenas o resultado do sentimento, mas também o resultado da representação social. Além disso, a consciência ambiental é definida como perceber o próprio ambiente, aprender o comportamento de protegê-lo e cuidar dele (BRANDALISE et al., 2009).

De acordo com Brandalise et al. (2009), a percepção ambiental é a principal forma de proteger o meio ambiente e ajudar o homem a se aproximar da natureza. Isso se deve ao fato de os indivíduos ganharem um maior senso de responsabilidade e respeito pelo meio ambiente em que vivem. O estudo da percepção ambiental é importante para uma melhor compreensão das inter-relações entre o ser humano e seu ambiente, suas expectativas, julgamentos e comportamentos (PALMA, 2005).



A análise da percepção ambiental pode identificar as necessidades da população e propor melhorias mais efetivas para solucionar o problema. Relacionada à EE, a conscientização ambiental ajuda a criar formas de aumentar a conscientização sobre questões ambientais. Portanto, a racionalização do uso dos recursos pode ser alcançada por meio de mudanças nos hábitos diários (BRANDALISE et al., 2009). No entanto, às vezes não existe uma relação linear entre as crenças e atitudes que as pessoas adotam e expressam em seus comportamentos relacionados às questões ambientais (SOBRAL, 2014). Dado o atual contexto ambiental, o propósito das instituições de ensino neste período o deve ser ampliar as informações sobre sociedades sustentáveis (PALMA, 2005).

Por isso, consumo sustentável significa consumir com responsabilidade, ou seja, consumir mais, levando em consideração os impactos ambientais, sociais, culturais e econômicos dos produtos adquiridos e dos recursos naturais utilizados no dia a dia (WWF, 2014).

De acordo com Dietz et al. (2009) O impacto ambiental da adoção de equipamentos mais eficientes energeticamente pode ser mais significativo do que a mudança de padrão de utilização de equipamentos existentes que consomem mais energia. Além disso, o consumo sustentável inclui responsabilidade pelo que é consumido, consciência das consequências das ações na terra e compra de produtos apenas por necessidade e não por consumismo.

Por outro lado, a distância entre a pessoa e o ambiente dificulta a percepção, de modo que ela não se sente parte do ambiente, não consegue perceber sua própria atitude ou as consequências no ambiente (PALMA, 2005). Os sujeitos contemporâneos não se veem como elementos da natureza, sentindo-se apenas como observadores e exploradores da natureza, e essa distância é vista como a base do comportamento humano racional (REIGOTA, 2018).

As mudanças nos padrões de consumo e nos processos de produção devem ser vistas como uma forma de fortalecer a ação política, o compromisso moral, a conscientização e a responsabilidade dos cidadãos para enfrentar os possíveis impactos ambientais das escolhas e comportamentos do consumidor (BRANDALISE et al., 2009). Deve-se notar também que a consciência ambiental relacionada à atitude é mais relevante quando as questões ambientais também são econômicas (ROSSONI et al., 2012).

O efeito estufa corresponde à camada de gás na superfície da terra responsável por reter parte do calor da radiação solar, aquecendo o planeta (PALMA, 2005). O efeito estufa é um fenômeno natural que protege a vida na Terra, mas agrava as mudanças climáticas (JACOBI et al., 2011). Embora a mudança climática seja natural, os últimos 100 a 150 anos viram uma proporção maior de aumento de temperatura do que antes (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

A partir da década de 1980, a discussão e a pesquisa sobre o fenômeno ambiental proposto pelas Nações Unidas, "Mudanças Climáticas Globais", se intensificou e afeta a Terra com graves repercussões na vida econômica e social (FURRIELA, 2005). United Nations, West (2012) afirma que, em 1988, foi estabelecido o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), ratificada em 1992, define esse fenômeno como mudanças que podem ser direta ou indiretamente atribuíveis às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global e aumentam a variabilidade climática natural observada. períodos (FURRIELA, 2005).

Deve-se notar, no entanto, que as mudanças climáticas têm dinâmicas mais complexas do que os aumentos médios de temperatura, pois o clima não é definido apenas pela temperatura (CONTI, 2005). Na COP-3, em 1997, foi assinado o Protocolo de Kyoto, importante ação para conter as mudanças climáticas (FURRIELA, 2005; WEST, 2012). O protocolo estipula que os países desenvolvidos devem reduzir suas emissões em cerca de 5% em relação aos níveis de 1990 entre 2008 e 2012.

Com o acordo terminando em 2012, a reunião de Durban de 2011 decidiu que haveria um segundo período de compromissos de Kyoto, a partir de 2013. Durante o segundo período, as Partes se comprometeram a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em pelo menos 18% entre 2013 e 2020 em comparação com os níveis de 1990 (REIGOTA, 2018). Atualmente, em 2015, a COP21 foi assinada em Paris, enfatizando a necessidade de esforços para limitar os aumentos de temperatura a 2°C ou 1,5°C acima dos níveis pré-industriais até 2020 (CONTI, 2015).

De acordo com o IPCC, mudanças na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera devido às ações humanas levam a mudanças no clima global (ROSSONI et al., 2012). Mais especificamente, esse crescimento será resultado do crescimento populacional e econômico acelerado desde a Revolução Industrial, alterando a variabilidade natural do clima e levando a mudanças climáticas globais irreversíveis. As concentrações de gases de efeito estufa como vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) aumentaram desde a Revolução Industrial (FURRIELA, 2005).

Brandalise et al.(2009) afirmam que o CO₂ é responsável por 70% do total de emissões dos países do Anexo 1 (países desenvolvidos) e não-Anexo 1 (em desenvolvimento). Embora o vapor d'água contribua significativamente para o aquecimento global, sua concentração na atmosfera é independente do comportamento humano (CONTI, 2005).

Embora o vapor de água seja o principal gás natural do efeito estufa, as concentrações de outros gases variam muito. Portanto, a temperatura aumentará devido ao aumento das emissões de CO₂, O₃, N₂O, CH₄, etc., resultando em um efeito estufa adicional, pois a atmosfera retém mais vapor d'água à medida que a temperatura aumenta (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

O aumento dos gases de efeito estufa deve-se à intensificação das atividades agrícolas, industriais e de transporte, principalmente devido ao uso de combustíveis fósseis (FURRIELA, 2005). O desmatamento e a mudança no uso da terra são as principais fontes de emissões de dióxido de carbono nos países em desenvolvimento, enquanto o desmatamento é uma das principais fontes de emissões no Brasil (NOBRE; REID; VEIGA, 2012).

Embora as mudanças climáticas permaneçam controversas e incertas, grande parte da comunidade científica e da sociedade vê o tema como uma grande questão ambiental e da espécie humana. Além disso, a existência de mudanças climáticas é inquestionável

(FURRIELA, 2005). Por isso, é necessária uma abordagem que seja relevante tanto no âmbito ambiental quanto nos domínios social, cultural e econômico, com maior dimensão transversal a este tema (PALMA, 2005).

A mudança climática é uma questão complexa, pois envolve diferentes dimensões sociais, políticas, ecológicas, tecnológicas, ético-culturais e epistemológicas (SOBRAL, 2014). Cientistas, ambientalistas e governos têm alertado a sociedade sobre o impacto das mudanças climáticas na saúde humana e ecossistêmica, segurança alimentar, atividade econômica, recursos hídricos e infraestrutura física (FURRIELA, 2005). No entanto, a complexidade surge da incerteza no grau e intensidade do risco, previsões espaço-temporais de ocorrência e relativa invisibilidade na vida cotidiana (REIGOTA, 2018).

Em 2007, a questão das mudanças climáticas atingiu um marco com a publicação do quarto relatório do IPCC, que identificou o comportamento humano como a principal causa (TAMAIIO, 2011). No entanto, em 1995, um segundo relatório do IPCC já alegava evidências de que a atividade humana tinha um impacto detectável no clima do mundo. Além disso, o segundo relatório prevê que o aumento da temperatura média da superfície da Terra, o aumento do nível dos oceanos e as mudanças nos padrões de chuva levam a uma maior probabilidade de secas, inundações e tempestades severas em muitas regiões (FURRIELA, 2005).

Segundo Reigota (2018), os cientistas do clima acreditam que a solução é reduzir drasticamente as emissões diárias de gases de efeito estufa na atmosfera. Para alcançar essa redução, no entanto, é necessário integrar rigorosamente esse conhecimento à ação educativa para que as pessoas possam reconhecer a relação entre as mudanças climáticas e suas vidas.

Portanto, para mitigar os efeitos nocivos das mudanças climáticas, é necessária uma revisão de valores, atitudes e ações. No entanto, de acordo com Dietz et al., (2009), existe uma abordagem tecnológica na educação que ignora o comportamento humano à medida que as emissões de gases de efeito estufa aumentam.

Há uma lacuna entre a compreensão desse fenômeno e as relações cotidianas da população (TAMAIIO, 2011). Segundo Jacobi et al., (2011), as escolas apresentam lacunas nas mudanças climáticas, sendo necessárias mais pesquisas nessa área, bem como o desenvolvimento de materiais didáticos adequados. Segundo os mesmos autores, é preciso buscar formas de lidar com essa questão negativa de forma não catastrófica ou simplista.

Desastres que muitas vezes são apresentados de forma simplista na mídia devem ser descartados porque o planeta não caminha para um colapso de curto prazo e ainda não há informações confiáveis para fazer previsões de longo prazo (CONTI, 2005). Além disso, abordagens catastróficas ou apocalípticas devem ser evitadas, pois algumas pessoas ficam paralisadas ou confusas pela enxurrada de informações, com posturas autoindulgentes (JACOBI et al., 2011).

A falta de mudança de atitudes em relação às questões climáticas pode ser devido à complexidade do assunto, insuficiente conscientização sobre o assunto na vida cotidiana, a dificuldade psicológica de atribuir o mesmo estado de realidade a eventos futuros e presentes, a abordagem catastrófica do assunto, condições e falta de políticas públicas

(FURRIELA, 2005).

O comportamento de dependência e desresponsabilização da população são resultantes da falta de informação, de consciência ambiental e práticas comunitárias (JACOBI, 2003). Por esse motivo, é necessário disponibilizar informações corretas e de forma simples para que a população possa interpretar e dar relevância ao tema (TAMAIIO, 2011).

No ciclo hidrológico, a precipitação e a temperatura são variáveis climáticas básicas para a compreensão do meio ambiente, da produção de energia e do manejo agrícola, especialmente em condições tropicais (MELLO; SILVA, 2009).

Em 2014, o Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC, 2014) publicou mais um relatório a respeito dos avanços da ciência referente às mudanças climáticas globais. O cenário mais otimista prevê um aumento da temperatura terrestre entre 0,3 °C e 1,7 °C de 2010 até 2100 e, no pior cenário, a superfície da Terra poderá aquecer entre 2,6 °C e 4,8 °C ao longo deste século.

Essas mudanças podem ser consideradas como uma das ameaças mais significativas à sobrevivência do ecossistema, com múltiplos impactos potenciais sobre indivíduos, populações e comunidades (WALTHER et al., 2002), e esses impactos já começaram a ser descobertos. Mudanças na temperatura e na precipitação também podem levar a mudanças nos recursos hídricos, afetando o abastecimento humano, a produção de energia e a agricultura.

O Brasil apresenta elevada vulnerabilidade aos possíveis efeitos das alterações climáticas, principalmente se considera-se que as projeções atuais de mudança no clima global (SOLOMON et al., 2007). O cenário climático brasileiro acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações (ASSIS et al., 2012).

Uma avaliação da variabilidade climática, ao longo do tempo no Brasil, mostra que, dependendo da região analisada, podem ocorrer alterações contínuas ou ciclos bem demarcados dos elementos meteorológicos, como a temperatura e a precipitação (PINTO et al., 2003).

O Nordeste do Brasil é uma região cujo clima predominante é semiárido, que apresenta substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluvial, e elevadas temperaturas ao longo do ano (NÓBREGA et al., 2014). Apresenta temperaturas médias anuais sempre superiores a 18 °C, verificando-se desde territórios mais secos no interior até mais úmidos, na costa leste da região (SILVA et al., 2008).

No Maranhão a região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado é caracterizada pela alta diversidade de ecossistemas e biodiversidade. A população, de forma geral, é fragilizada pelo baixo poder aquisitivo residindo em municípios que registram os mais baixos índices de desenvolvimento humano do país, como Marajá do Sena com o IDHM de 0.452 e Fernando Falcão ocupando o penúltimo lugar no ranking municipal de todo o Brasil com o IDHM de 0.443 (BRASIL, 2013).



Entre os diversos esforços realizados para o melhor entendimento das alterações no padrão do clima e tempo, destaca-se os estudos com relação a detecção de indícios de variabilidades, mudanças em séries temporais com base em métodos estatísticos (SENA; LUCENA, 2013).

O Maranhão está situado em uma área de transição entre a região nordeste e a região amazônica. O Estado encontra-se numa posição entre três macrorregiões brasileiras: Nordeste, Norte e Centro Oeste. Dessa forma, reúnem feições fitogeográficas e climatológicas características dessas áreas. Fisiograficamente, o Maranhão apresenta sete microrregiões: Litoral, Baixada Maranhense, Cerrados, Cocais, Amazônia, Chapadões e Planalto. (ESTADO DO MARANHÃO, 2002)

O Estado abrange uma área de 331.935,5 km² e sua população atual é de 6.574.789 (IBGE, 2010), uma densidade populacional de 19,81 hab./km², com 63,1% da população vivendo em áreas consideradas urbanas (4.147.149 habitantes) conforme Figura 1.



Figura 1: Localização das 12 estações meteorológicas no Estado do Maranhão
Fonte: IBGE, 2010

Os dados climatológicos foram adquiridos a partir de 12 estações meteorológicas do instituto nacional de meteorologia – inmet, distribuídas no estado do maranhão. As estações foram segregadas quanto ao bioma, sendo quatro estações situadas no bioma amazônico e oito no bioma cerrado conforme Figura 1.

2.3 Percepção socioambiental na discussão de ações de responsabilidade social

Performances relacionadas a questões sociais e ambientais começaram a ganhar notoriedade após a Segunda Guerra Mundial, ou seja, só recentemente passaram a ser discutidas. Antes desse período, as pessoas se preocupavam apenas com questões econômicas, porém, desde a era da sociedade industrial, a responsabilidade social é discutida e nada tem a ver com o meio ambiente, pois as questões envolvendo meio ambiente e desenvolvimento humano não eram relevantes naquela época, era uma crença na natureza. Os recursos são ilimitados, e o aumento da produção da empresa leva ao bem-estar social (BRANDALISE et al., 2009).

Palma (2005) explicou que, no Brasil, o tema ganhou força na agenda social no final da década de 1980, quando as organizações passaram a se responsabilizar não apenas pelo crescimento econômico, mas também pelo atendimento das necessidades sociais.

As atividades em grande escala decorrentes dos modos de produção adotados pela sociedade exacerbam o mau uso dos recursos naturais da Terra e exacerbam os efeitos das mudanças climáticas. Esse contexto de mudança política e social tem levado as sociedades a discutirem os padrões de produção e consumo anteriormente empregados (DIETZ et al., 2009).

Jacobi et al. (2011) afirmam que há um debate sobre o papel das empresas, instituições e sociedade nas práticas e atitudes que levam ao uso mais responsável dos recursos e, portanto, ao desenvolvimento mais sustentável. Nesse sentido, o conceito de responsabilidade social ou socioambiental ganha cada vez mais destaque no contexto das instituições (públicas e privadas).

De acordo com a definição de responsabilidade civil, fica claro que o dever de reparar o dano está diretamente relacionado a determinado fator, no âmbito social, a responsabilidade tornou-se um fator compartilhado, e o atual modo de atenção às questões sociais foi inserido como um novo conceito e tendência organizacional. A responsabilização das organizações por questões de cidadania organizacional pode ser observada na fala de Borges (2001, p. 17). Segundo os autores, não há mais divisão entre espaços interiores e exteriores; as soluções devem ser compartilhadas universalmente e as empresas devem contribuir ativamente para as soluções

A questão da responsabilidade social faz parte de um universo mais amplo que a moral e a cidadania, constituído por valores morais e princípios ideais do comportamento humano, e, portanto, um processo que surge a partir do desenvolvimento de posturas morais inerentes à evolução de grupos ou organizações sociais (BAHL, 2004, p. 16).

Na mesma direção, Melo Neto e Froes (2002) argumentam que muitas empresas agem ou tentam agir de forma socialmente responsável por se perceberem socialmente endividadas e propensas a impactos negativos onde estão localizadas. está inserido.

Segundo Dias (2011, p.190), a responsabilidade ambiental está inserida na responsabilidade social corporativa, e no processo de melhoria contínua, deve ser entendida como parte integrante dela, nunca isoladamente. No entanto, antes desses consensos

existirem, o objetivo principal da empresa era apenas obter o máximo lucro possível e, portanto, tratava apenas do desenvolvimento econômico, pois o conceito de responsabilidade socioambiental foi criado em caso de uma série de problemas, acidentes de trabalho, poluição de resíduos (líquidos, sólidos gasosos), crises de petróleo e outros eventos do século 20 chamaram a atenção do público para a magnitude dos problemas que as empresas criaram e as levaram a exigir ações das autoridades.

A adaptação pode ser definida como uma série de respostas aos impactos atuais e potenciais das mudanças climáticas com o objetivo de minimizar possíveis danos e aproveitar oportunidades. A adaptabilidade de um sistema depende basicamente de duas variáveis: Vulnerabilidade, que reflete o grau de sensibilidade do sistema aos efeitos adversos das mudanças climáticas; e resiliência, que é a capacidade do sistema de absorver os efeitos. Manter a mesma estrutura básica e a mesma forma de funcionamento (BORGES, 2004).

As ações de adaptação – diferentemente da mitigação, cujas consequências se refletem em nível global – são muitas vezes percebidas onde ocorrem, o que acaba tornando a adaptação altamente específica, dificultando as ações de adaptação em locais específicos. Replicação em outras partes do globo com características socioeconômicas e ambientais únicas (MELO NETO; FRÖES, 2002)

Rossoni et al., (2012) explicam que as metas das medidas de adaptação variam de acordo com o método utilizado e podem se referir a países inteiros, estados, municípios, regiões, bacias hidrográficas. A escolha dessas medidas dependerá dos impactos percebidos, das vulnerabilidades (socioeconômicas e climáticas) e das práticas já implantadas (adaptação).

De um modo geral, as populações mais pobres e menos desenvolvidas são as mais vulneráveis às mudanças climáticas, o que agrava os problemas ambientais, sociais e econômicos existentes. A adaptação passa, assim, pela promoção de melhores condições de habitação, alimentação, saúde, educação, emprego e, em suma, de vida, tendo em conta a interação de vários aspectos com as características locais, incluindo as do ambiente. Estudiosos concordam que promover o desenvolvimento sustentável é a maneira mais eficaz de melhorar a capacidade de lidar com as mudanças climáticas (JACOBI et al., 2011).

O Brasil possui uma rica legislação ambiental, considerada modelo e referência por muitos países. Ele fornece uma importante ferramenta para o planejamento da área, licenciamento ambiental e fiscalizações. O cumprimento desse marco legal pode, por si só, minimizar ou mesmo evitar os efeitos das mudanças climáticas (FURRIELA, 2005).

Nesse contexto, a adaptação deve ser trabalhada em dois níveis:

- Construir capacidade adaptativa: gerar informações e condições (regulamentares, institucionais e de gestão) para apoiar a adaptação, incluindo a compreensão dos impactos potenciais das mudanças climáticas e as opções de adaptação.
- Implementar medidas de adaptação: Agir para reduzir a vulnerabilidade ou explorar as oportunidades apresentadas pelas mudanças climáticas, incluindo o investimento em infraestrutura, sistemas de gestão de risco, advocacia e capacidade

institucional. Alguns exemplos de medidas de adaptação incluem: avaliações de vulnerabilidade, desenvolvimento de sistemas de alerta precoce, investimentos em estruturas de proteção contra enchentes e abastecimento humano de água (DIETZ et al., 2009).

Segundo Barbieri (2007, p. 61), a Agenda 21, projeto do Ministério do Meio Ambiente, posteriormente transformado em Programa 21, decorre dos diversos relatórios, tratados, protocolos e outros documentos desenvolvidos no campo das Nações Unidas ao longo das décadas, incluindo vários documentos de eventos anteriores em diferentes partes do mundo.

O plano da Agenda 21 para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável foi discutido em 1992 durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCED), conhecida como Cúpula da Terra ou Eco 92. De acordo com este evento, a Agenda 21 é reposicionar o desenvolvimento como sustentável, constituindo um plano de ação de médio e longo prazo. Como tal, é descrito como um processo de planejamento estratégico que visa alcançar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2009, p. 93).

Barbieri (2007, p.65) também destacou que a Agenda 21 é um manual que orienta o processo de transição dos países e suas comunidades para novos conceitos sociais, não tem cunho obrigatório de poder, sua implementação é abrangente e, quando necessário, Ele se desdobra em agendas regionais, nacionais e locais para melhorar a aplicabilidade. No entanto, depende também da vontade política dos representantes do governo e da sociedade, sendo necessária uma revisão após um período de tempo para visualizar o alcance das metas pactuadas.

Nesse sentido, uma reunião foi realizada em Nova York em 1997 para validar as metas e acordos estabelecidos em diversas reuniões e extensas deliberações da Assembleia Geral da ONU, conhecida como Cúpula da Terra ou Rio+5, para validar os progressos. Entretanto as metas e os acordos estabelecidos pela Rio-92, há certa discordância entre os países, que dizem ser difícil implementar essas ações por falta de recursos para financiar o desenvolvimento sustentável no âmbito dos acordos acordados, 2002, dez anos depois de serem descritos e reiterado, voltará a oferecer algum conteúdo adicional (DIAS 2011, p. 39).

Como resultado, as Nações Unidas realizaram um evento na África do Sul em 2002 com o objetivo de reexaminar as propostas e diretrizes acordadas na primeira cúpula Rio 92, com referência à Agenda 21, conhecida como Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, ou Rio 92 Cerca de +10, mais uma vez as metas previstas não foram alcançadas, permanece o mesmo entendimento de que os acordos assinados têm prioridade (BAHL, p. 68).

Vale ressaltar, no entanto, que Dias (2011) afirmou que a Rio-92 é claramente indiscutível quanto aos esforços que visam conciliar as medidas de proteção ambiental com as necessidades de desenvolvimento econômico, ressaltando que, ao menos como reação aos atuais padrões de consumo, os perigos serviram de alerta e entrou em discursos oficiais, marcados na história como o registro humano.



Mais recentemente, porém, foi realizada em 2012 outra Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, denominada Rio+20, cujo objetivo foi divulgar os resultados assinados desde a última reunião e algumas das propostas reafirmadas há dez anos com o objetivo é assegurar o compromisso político com o desenvolvimento sustentável e propor novos temas com perspectivas de futuro, mas a estrutura formal sugere uma ação interministerial plena (MELO NETO; FROES, 2002).

A Agenda Ambiental na Administração Pública - A3P, que surgiu em 1999 como um projeto do Ministério do Meio Ambiente e se tornou um programa do Governo Federal, uma estratégia de construção de modelos culturais institucionais para inserir padrões socioambientais na administração pública. Tem como objetivo estimular a conscientização de novos hábitos de sustentabilidade entre os servidores públicos e incentivá-los a adotar princípios de gestão ambiental. As Diretrizes da A3P são baseadas nas recomendações da Agenda 21 e do Princípio 8 do Capítulo IV da Declaração Rio/92 (BRASIL, 2009).

Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, sua finalidade e mecanismos para sua formulação e implementação. em seu artigo. 2 Observando que o objetivo da política ambiental nacional é proteger, melhorar e restaurar a qualidade do meio ambiente que proporciona a vida, com o objetivo de garantir as condições do país para o desenvolvimento socioeconômico, os interesses de segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 2009).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que as mudanças nas variáveis climáticas no estão ocorrendo de forma diferente em diferentes regiões do Estado do Maranhão. Em relação a temperatura, o comportamento é homogêneo, ou seja, todas as estações registraram a tendência de aumento, de forma intensa e estatisticamente significativa.

Observou-se no primeiro capítulo que as características marcantes das alterações climáticas é o fato de que a população atmosférica não respeita fronteiras, o local onde os gases do efeito estufa são liberados não será aquele que mais sofrerá suas consequências. Portanto as mudanças climáticas são fruto do desequilíbrio energético do planeta decorrente do aquecimento global e tem resultados diversos, não apenas os diretamente relacionados a um aumento de temperatura, como o derretimento de calotas polares

Entendeu-se no segundo capítulo que as consequências climáticas no Estado do Maranhão apresentam o cenário climático que acompanha a mesma tendência de aquecimento global, em que as mudanças mais significativas são no aumento de temperatura, modificações nos padrões de chuvas e alterações na distribuição de extremos climáticos, tais como secas, enchentes e inundações.

Dessa forma entende-se no terceiro capítulo trata da questão da responsabilidade social e ambiental onde faz parte de um universo mais amplo que a moral e a cidadania, constituído por valores morais e princípios ideais do comportamento humano, e, portanto, um processo que surge a partir do desenvolvimento de posturas morais inerentes à evo-

lução de grupos ou organizações sociais.

Referências

- ABBEVILLE, C. M. **História da missão dos padres capuchinos na ilha do Maranhão**. São Paulo: Ed. da Universidade São Paulo, 2010.
- ARAÚJO, Beatriz Azevedo. **O regime internacional do clima e as implicações para o Brasil: o desafio do acordo de Paris**. 2016. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Direito) Universidade Federal do Ceará, 2016.
- BAHL, Miguel. **Turismo com Responsabilidade Social**. (Coletânea do XXIII CBTUR, Congresso Brasileiro de Turismo 2003). São Paulo: Roca, 2004.
- BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. 8. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública**. 5. ed. Brasília (DF), 2009. Disponível em: <www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf>. Acesso em: 02 de maio de 2022
- BRANDALISE, L. T. et al. A percepção e o comportamento ambiental dos universitários em relação ao grau de educação ambiental. **Gest. Prod**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 273-285, 2009.
- BORGES, F.G. **Responsabilidade Social: efeitos da atuação social na dinâmica empresarial**. 244f. (Doutorado em Administração) - Faculdade de Economia e Administração, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- FLORES, Isabella Onzi. **A efetividade do regime internacional de mudanças climáticas frente aos desafios do antropoceno**. 2017. 79f. Monografia (Bacharel em Relações Internacionais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017
- FURRIELA, R. B. **Introdução à mudança climática global: desafios atuais e futuros**. Brasília: IPAM, 2005
- GONÇALVES, Ana Paula Rengel. **Estado de Direito Ecológico: reavaliando parâmetros para o princípio da sustentabilidade**. In: Congresso Brasileiro de Direito Ambiental, 22., 2017, São Paulo. Anais. São Paulo: Instituto O Direito Por Um Planeta Verde, 2017. p. 55 - 65.
- IPCC – **Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2020. Disponível em <http://www.ipcc.ch>. Acesso em 18 de março de 2022.
- JACOBI, Pedro Roberto et al., Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, [s.l.], v. 16, n. 46, p.135-268, abr. 2011.
- LOPES, R. **Uma região tropical**. 2º ed. Rio de Janeiro: Editora FonFon e Seleta, 2011.
- MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I.M.D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- MELO NETO, Francisco de Paula de. FROES, César. **Empreendedorismo social – a transição para a sociedade sustentável**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, nº25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 2010181p.
- NOBRE, Carlos A et al., . O aquecimento global e o papel do Brasil. **Ciência Hoje: São Paulo**, v. 36, n. 211, dez. 2012.

O ECO. **O que é efeito estufa**. 2013 Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/27698-o-que-e-o-efeito-estufa/>>. Acesso em 18 de março de 2022.

PALMA, I. R. **Análise da percepção ambiental como instrumento ao planejamento da Educação Ambiental**. 2005. Dissertação (Metalurgia extrativa e Tecnologia mineral) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

PAMPLONA, Confúcio. **PróAlcool: impacto em termos técnico-econômicos e sociais do programa no Brasil**. Belo Horizonte: Ministério da Indústria e do Comércio e Instituto do Açúcar e do Alcool, 2018.

REIS, Danielle Aparecida dos; SILVA, Luciano Fernandes. **As complexidades do fenômeno “mudanças climáticas”: análise de teses e dissertações de educação ambiental**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11., 2017, Florianópolis. Anais. Florianópolis: Enpec.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Editora Brasiliense, 2018

ROSSONI, H. A. V. et al. Análise da percepção ambiental da cidade universitária de Florestal, Minas Gerais – Brasil. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 13, n. 41, p. 240-251, 2012.

SANTOS, José Ozildo et al. **Os impactos produzidos pelas mudanças climáticas**. Agropecuária.2013

SCHIMEL, David. **Retroalimentações biogeoquímicas no Sistema Terra**. In: LEGGET, Jeremy (Editor Responsável). Aquecimento Global: o relatório do Greenpeace. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2012.

SOBRAL, E. da S. **Investigação da percepção ambiental de alunos universitários no Brasil e em Portugal**. 2014. Dissertação (Gestão Ambiental e Sustentabilidade) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2014.

TORRES, Marco Aurélio Neri; ALVES, Lucas Vinicius de Aguiar; JUNIOR, Audivan Ribeiro Garcês, JUNIOR, José Aquino. **Climatologia do Maranhão: levantamento sobre estudos de clima local desenvolvidos na cidade de São Luís**. XII SBCG. Variabilidade e Susceptividade Climática: implicações ecossistêmicas e sociais de 25 a 29 de outubro de 2016 – Goiânia. GO/UFG.

CAPÍTULO 2

SETOR SUPERMERCADISTA NA ETAPA DA GERAÇÃO E DESCARTE DE RESÍDUOS E O REFLEXO NA QUESTÃO AMBIENTAL

*SUPERMARKET SECTOR IN THE WASTE GENERATION AND DISPOSAL
STAGE AND THE REFLECTION ON THE ENVIRONMENTAL ISSUE*

Gilson da Silva Pereira¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Devido a sua importância socioeconômica, supermercados e hipermercados são considerados grandes geradores de resíduos sólidos em toda sua cadeia produtiva, desde a chegada do produto no centro de distribuição até o descarte feito pelo consumidor final. Cabe aos supermercados assumir a responsabilidade de gerenciar os resíduos gerados de acordo com o que propõe a Lei Federal 12.305/10 e a Lei Distrital 5.610/16. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi descrever as práticas adotadas pelas empresas do setor supermercadista que reduzem o impacto ambiental. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Além disso, conclui-se que os supermercados têm uma responsabilidade importante na busca de alternativas relacionadas essencialmente ao descarte. Alternativas como o uso de sacolas retornáveis e biodegradáveis, a criação de locais para coleta de pilhas e lâmpadas usadas, compras de fornecedores considerados socialmente responsáveis, ações de educação e conscientização ambiental do consumidor e diminuição do impacto da embalagem na decisão de oferta por parte do varejo e de demanda por parte do consumidor, são algumas práticas que começam a vigorar e que auxiliam na redução dos danos ambientais.

Palavras chave: Resíduos de Sólidos, Supermercados, Lixo, Descarte, Soluções Sustentáveis.

Abstract

Due to their socioeconomic importance, supermarkets and hypermarkets are considered major generators of solid waste throughout their production chain, from the arrival of the product at the distribution center to its disposal by the final consumer. Supermarkets are responsible for managing the waste generated in accordance with what is proposed by Federal Law 12,305/10 and District Law 5,610/16. In this context, the objective of this work was to describe the practices adopted by companies in the supermarket sector that reduce the environmental impact. 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 environmental engineering. In addition, it is concluded that supermarkets have an important responsibility in the search for alternatives essentially related to disposal. Alternatives such as the use of returnable and biodegradable bags, the creation of places to collect used batteries and light bulbs, purchases from suppliers considered socially responsible, actions of education and environmental awareness of the consumer and reduction of the impact of the packaging on the offer decision by the retail and consumer demand, are some practices that are beginning to take effect and that help to reduce environmental damage.

Keywords: Solid Waste, Supermarkets, Garbage, Disposal, Sustainable Solutions.

1. INTRODUÇÃO

Desde o início da revolução industrial, o crescimento foi baseado em fatores econômicos. De fato, a industrialização trouxe consigo a importância econômica de utilizar os recursos naturais em benefício da sociedade, ao mesmo tempo em que desenvolve produtos que atendem às suas necessidades.

Entende-se por industrialização o processo de transformação de matérias-primas em mercadorias ou bens de produção (esses últimos podendo ser novamente transformados) por meio do trabalho, do emprego de equipamentos e do investimento de capital. Obviamente, o crescimento da atividade industrial aumentou a demanda por matérias-primas e mais recursos naturais.

Portanto, os supermercados passam a ter um papel importante nessa situação, pois são os responsáveis diretos pela produção de bens e serviços, sendo, portanto, os responsáveis diretos pelos maiores agressores ambientais. A destinação final dos resíduos sólidos pode causar sérios impactos ao meio ambiente e prejudicar a qualidade de vida das gerações futuras.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá demonstrar o quanto os supermercados podem melhorar com suas estratégias no descarte correto dos resíduos sólidos e contribuir no processo de desenvolvimento sustentável atuando diretamente junto ao consumidor e auxiliar na maior conscientização no consumo e no descarte dos produtos.

Nota-se que a maior preocupação é que o descarte do produto e a destinação dos resíduos se tornem um problema, principalmente nas grandes cidades. O descarte das compras em supermercados acaba levando à produção de uma grande quantidade de resíduos sólidos sendo fonte de grave poluição ambiental. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: quais os danos que podem ser causados ao meio ambiente caso os resíduos sólidos sejam descartados em locais indevidos?

No objetivo geral o presente estudo procura descrever as práticas adotadas pelas empresas do setor supermercadista que reduzem o impacto ambiental. Além dos objetivos específicos que são definir os resíduos sólidos gerados no setor supermercadista; identificar as consequências geradas pelo descarte incorreto dos resíduos gerados no setor de rede de supermercados e apresentar medidas e ações incorporando práticas ambientais que contribuam para a preservação do meio ambiente.

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 e Sustentabilidade (REES), 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 DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO SETOR SUPERMERCADISTA

2.1 Resíduos Sólidos

Tem sido cada vez mais crescente a preocupação na sociedade com questões relacionadas ao meio ambiente, como os recursos naturais estão sendo utilizados. O crescimento exponencial da população humana aliado à rápida industrialização e urbanização desencadeou uma enorme produção de resíduos. A produção de resíduos sólidos está intrinsecamente associada à poluição do ar, do solo e da água. O chorume dos Resíduos Sólidos de Supermercado (RSS) contamina significativamente as águas superficiais, subterrâneas e do solo através de descarga de metais e outros componentes tóxicos (DAS et al., 2019).

Substituiu-se termo lixo por resíduos sólidos, pois entende-se o primeiro como algo inútil, descartável, sem nenhum valor. Com o tempo, passou-se a enxergá-los como causadores de diversos problemas ambientais. Dessa forma, encara-se os resíduos sólidos como uma oportunidade de reaproveitamento no seu processo, agregando valor econômico (DEMAJOVIC, 2010).

Na natureza não existe o conceito de resíduo, pois em seus ciclos os decompositores têm a função de transformar o que é descartado por outro elemento do sistema, mantendo o equilíbrio natural apresentado na Figura 1. Dessa maneira, o resíduo como um impacto negativo para a natureza tem origem antrópica, onde o meio não é capaz de absorvê-lo naturalmente (BIDONE, 2011).

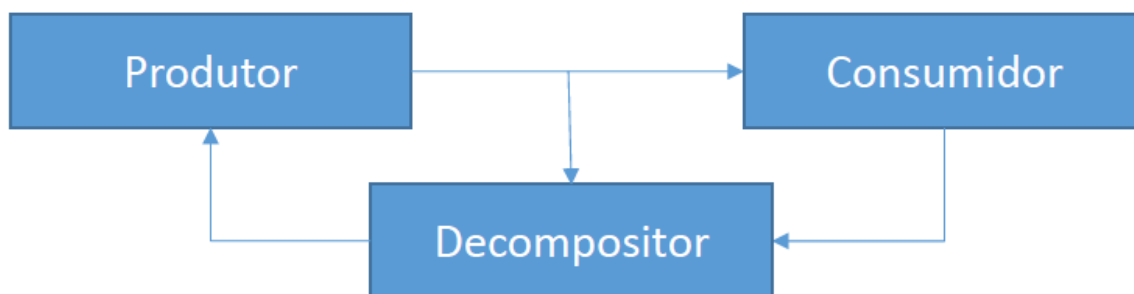


Figura 1 - Esquema simplificado cadeia alimentar
Fonte: Bidone (2011)

De acordo com Bidone (2011) resíduo pode ser definido por diferentes pontos de vista, do econômico, mais comum, é uma matéria sem valor, ou seja, os valores de uso ou troca desta matéria são nulos ou negativos para o seu proprietário. Assim, a falta de valor de uso atrelada a sua ocupação no espaço faz com que estes sejam desprezados e descartados.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2014) indica que o resíduo pode ser seco ou úmido, podendo ter materiais recicláveis como papel, vidro, lata e plástico, contendo uma parcela de materiais que sua reciclagem não são economicamente viáveis e precisam de uma forma adequada para o descarte final, também existe os resíduos orgânicos que podem ser considerados como sobras de alimentos, cascas de frutas e vegetais que podem ser utilizados para compostagem (BRASIL, 2014).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da Nor-

ma brasileira NBR 10.004/2010, são considerados:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente viáveis e em face da melhor tecnologia disponível (ABNT, 2010, p.34).

Segundo Marega (2011), esta definição não é completa, pois o lixo pode ser visto sem relevância para o gerador, porém em outras situações os resíduos servem como matéria-prima sendo transformado e utilizado em algum tipo de produto. O autor afirma que as consequências do lixo são preocupantes em todo o mundo, portanto foram criados vários métodos e soluções para utilizar este material descartado como matéria prima.

Marega (2011) fala que a geração de resíduos sólidos se tornou um recurso de grande competência ao se tratar de Reduzir, Reutilizar, Reciclar, Repensar e Recusar (5Rs). Ainda segundo esse autor, estes cinco fundamentos são de grande relevância no que se deseja modificar nas atitudes da população, chamando atenção com relação aos resíduos sólidos.

Considerando que qualquer ação do homem procede na produção de resíduos, a sua geração é uma das temáticas mais importante para a humanidade (STEINER, 2010). Segundo Kudrjawzew (2012), os resíduos sólidos da indústria, comércio e serviço obtiveram acompanhamento dos empreendedores e governo. É preciso apenas certificar aos órgãos competentes a espécie e quantidade de lixo gerado e qual seu descarte correto para adquirir uma licença.

Bardini (2010) explica que houve mudanças de acordo com o progresso da globalização nos anos 90, com a mudança dos mercados, crescimento da concorrência, o início das novas tecnologias e especialmente a necessidade dos consumidores.

Daly (2015) afirma que o setor supermercadista ocupa uma colocação essencial na logística que contém atribuições, especialmente associadas ao descarte de produtos. Impõe às suas líderes ideias novas de como atuar e analisar a organização.

2.2 O lixo decorrente da atividade do setor supermercadista

De acordo com Kotler (2010), o varejo é definido como todas as atividades envolvidas na venda de bens ou serviços diretamente aos consumidores finais para seu uso pessoal. Sendo considerado um intermediário nos canais de marketing, atuando em uma posição central, realizando o elo da cadeia. O setor varejista representa os setores de comércio, sendo composto por empresas de diferentes portes e ramos, das grandes empresas, até a pequena farmácia de bairro (AMADEU JUNIOR, 2015).



Os resíduos sólidos comerciais e domésticos constituem o que se chama de resíduo urbano. Possuem uma composição bastante variada, conforme o nível socioeconômico de seu gerador. Representam a maior parcela dos resíduos produzidos nas cidades e envolvem desde matéria orgânica, resíduos recicláveis a resíduos perigosos como lâmpadas fluorescentes e óleo de cozinha usado (STEINER, 2010).

Segundo Steiner (2010) os centros comerciais geram maior quantidade de resíduos recicláveis em comparação aos orgânicos e rejeitos. Geralmente, os resíduos gerados nos centros comerciais não são segregados adequadamente, conseqüentemente parte dos resíduos coletados, considerados potencialmente recicláveis, são destinados aos aterros sanitários.

Segundo Dieese (2018), o setor varejista, o comércio de veículos e as atividades supermercadistas são um dos maiores geradores de receitas. Os supermercados assumem uma posição importante no canal de distribuição e passam a assumir mais responsabilidades, essencialmente em relação ao descarte de produtos e à produção de lixo, exigindo-se novas formas de agir e de pensar da organização (CERRETA; FROEMMING, 2013). O varejo supermercadista trabalha com inúmeras linhas de produtos que, ao serem consumidas acabam por ser destinadas ao lixo comum, conforme figura 2.



Figura 2 - Conexões da cadeia de valores do varejo
 Fonte: Parente et al (2009)

No canal de distribuição, o varejo supermercadista possui poder de barganha sobre a indústria, podendo exigir de seus fornecedores produtos mais sustentáveis, exercendo poder ainda, sobre o consumidor, que irá adquirir os produtos por eles ofertados em suas lojas. O resultado destas operações poderá resultar em maior ou menor quantidade de lixo, o qual é considerado um dos grandes agravantes dos problemas ambientais.

Fadini e Fadini (2010) observam que o lixo é uma grande diversidade de resíduos sólidos de diferentes procedências, dentre eles o resíduo sólido urbano gerado nas residências. O lixo faz parte da história do homem e a sua produção é inevitável. Na Idade Média acumulava-se pelas ruas e imediações das cidades, provocando sérias epidemias e causando a morte de milhões de pessoas. A partir da Revolução Industrial iniciou-se o processo de urbanização, provocando a migração do homem do campo para as cidades, o que resultou num grande crescimento populacional, favorecido também pelo avanço da Medicina e conseqüente aumento da expectativa de vida.

Em decorrência, os impactos ambientais galgaram para um grau de magnitude alto,

devido aos mais diversos tipos de poluição, dentre eles a poluição gerada especificamente pelo lixo. Assim, o lixo passou a ser tratado como um problema, a ser solucionado e escondido da população. A solução para o lixo naquele momento não foi vista como algo complexo, pois bastava simplesmente afastá-lo, descartando-o em áreas mais distantes dos centros urbanos, denominados “lixões” (FADINI; FADINI, 2010).

Tratando-se do Brasil, a geração do lixo ainda é, em sua maioria, de procedência orgânica; entretanto, nos últimos anos vem se incorporando o modo de consumo de países ricos, o que tem levado a uma intensificação do uso de produtos descartáveis. A associação do crescimento populacional à intensa urbanização e às mudanças de consumo estão alterando o perfil do lixo brasileiro. As pessoas consomem mais, acarretando maior produção de lixo oriundo de suas compras, principalmente de alimentos e outros artigos adquiridos em supermercados.

Ao longo dos anos o lixo passou a ser uma questão de interesse global, pois os problemas provocados pelo seu acúmulo são os mesmos em qualquer lugar do mundo a diferença que pode ocorrer em determinados lugares com certo nível de sustentabilidade e sensibilidade ambiental é a redução do seu volume. Produzidos em todos os estágios das atividades humanas, os resíduos, em termos tanto de composição como de volume, provocam danos a saúde humana e impactos sobre o meio ambiente.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, o Brasil gera cerca de 78,4 milhões de toneladas de resíduos por ano. Os resíduos possuem valor econômico e podem significar a estruturação de uma nova cadeia de negócios, obtidos com a reciclagem e com a volta de matérias-primas descartadas a novos processos produtivos (ABRELPE, 2017).

Neste contexto, as empresas utilizam em larga escala os recursos naturais e são responsáveis pelo desenvolvimento econômico mundial, e por este motivo, vêm sendo por alguns setores da sociedade como os ambientalistas, Organizações Não-Governamentais (ONGs) e o governo, para adotarem medidas para redução de resíduos (BRAGA JUNIOR; RIZZO, 2010).

Já com relação ao meio ambiente, existe um gargalo na atuação dos supermercados, ressalta-se que o impacto do varejo é baixo quando comparado ao provocado pelas indústrias, porém a quantidade de lixo resultante das compras supermercadistas e a quantidade de embalagens e sacolas resultantes dessas compras fazem do varejo ao mesmo tempo um produtor e repassador de produtos geradores de lixo doméstico. Mas a preocupação maior é com o descarte dos produtos e o destino dos resíduos que se tornam um problema, em especial nas grandes cidades devido ao elevado número de consumidor (CERETTA; FROEMMING, 2013).

Devido a sua importância socioeconômica, supermercados e hipermercados são considerados grandes geradores de resíduos em toda sua cadeia produtiva, desde a chegada do produto no centro de distribuição até o descarte feito pelo consumidor final (MENDES, 2012). O varejo no contexto da cadeia de suprimentos se apresenta com forte ligação entre os agentes da cadeia e o consumidor final, seja por determinar práticas comerciais entre as organizações, seja por conduzir certas práticas de consumo junto ao consumidor final (MENEZES; DAPPER, 2013).



Logo, as empresas que pretendem se sustentar no mercado, não poderão levar em conta somente os fatores econômicos, mas, a viabilidade ecológica, pois, as empresas poluidoras sofrerão restrições e tendem a perder uma grande fatia do mercado consumidor sensível a questão ambiental se não houver uma reestrutura comportamental (TINOCO, KRAEMER, 2018).

3. CONSEQUÊNCIAS GERADAS PELO DESCARTE INCORRETO DOS RESÍDUOS GERADOS NO SETOR DE REDE DE SUPERMERCADOS

No entendimento de Menezes et al., (2005), o lixo representa uma ameaça significativa à vida na Terra por dois motivos principais: a quantidade de lixo e o perigo de ser tóxico. Em todo o mundo, a mídia incentiva as pessoas a comprar uma variedade de produtos, substituir os mais antigos por mais modernos e provocar a loucura do mau uso dos recursos naturais. Bauman (2001) afirma que hoje vive-se Faem uma era fluida, efêmera e de transição onde as necessidades individuais são atendidas por meio do comportamento de compra, então as pessoas compram cada vez mais produtos e os substituem no menor tempo possível, gerando ainda mais resíduos e lixo urbano.

Esse fato fez com que o mundo gerasse uma enorme quantidade de resíduos, que cresceu três vezes mais rápido que a população nos últimos 30 anos. Fadini e Fadini (2001) enfatizam que a taxa de geração de RSU está diretamente relacionada aos hábitos de consumo de cada cultura, e a quantidade de resíduos gerados está intimamente relacionada à força econômica de uma determinada população.

Fadini e Fadini (2001) estimam que 76% do material descartado no Brasil fica aberto em locais impróprios, comumente conhecidos como "lixões", permitindo a disseminação de vetores capazes de transmitir diversas doenças. Para Lima e Silva, Guerra e Mousinho (2000), "lixeira" é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos sem nenhuma norma técnica, caracterizada pelo descarte direto de resíduos no solo sem qualquer manuseio prévio, perigosos para meio ambiente e saúde pública.

Tommasi (2016) observou que os resíduos sólidos são cada vez mais encontrados em papel, plástico e vidro em diversos tipos de embalagens. Todos esses materiais criam problemas crescentes de coleta, descarte. Seus depósitos são frequentemente um ponto focal para o crescimento de mosquitos e roedores causadores de doenças na população humana, levando à degradação ambiental em humanos. Além disso, a disposição inadequada de resíduos sólidos nos centros urbanos, sem nenhum tratamento, está poluindo os lençóis freáticos em diversas regiões do Brasil. Isso é ainda pior, pois a água potável logo se tornará um fator de grande competitividade entre os países, pois está se tornando um recurso cada vez mais escasso (SANCHES et al., 2006).

3.1 Resíduos sólidos em supermercados

O varejo é definido como atividades relacionadas à venda de bens ou serviços para

consumo pessoal (CERETTA et al., 2012). Os supermercados lidam com todos os tipos de produtos, gerando muitos resíduos que precisam ser jogados fora. No entanto, a Lei 13.478/2002 obriga os grandes produtores a implementar procedimentos de coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos gerados, obrigando os supermercados a implementarem planos de gestão de resíduos sólidos.

De acordo com o Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor (2016), a Europa e os Estados Unidos seguem rigorosamente as leis de processamento mínimo. No Brasil, a rica cultura e a praticidade de não ter que trocar os produtos de prateleira com tanta frequência tem resultado na exposição de muitos alimentos, aumentando o número de produtos danificados ou estragados e a necessidade de descartá-los.

Além disso, muitos alimentos perdem seu valor comercial e são descartados devido ao consumidor inadvertido abrir a embalagem e deixar o produto na gôndola. Segundo estudo realizado pelo Departamento de Economia e Pesquisa da ABRAS (Associação Brasileira de Supermercados), o controle de perdas na área de produtos perecíveis é o mais complexo para controlar as perdas e exige maior fiscalização por parte dos supermercados. De acordo com o levantamento, em 2016, o setor de frutas e hortaliças teve a maior queda, com 6,09%. Segue-se padaria/confeitaria, 4,7%, kebab shop, 3,99%, peixaria, 3,26%, carne, 3,07% (ABRAS, 2017).

Nesse contexto, as empresas sempre foram as principais usuárias dos recursos naturais e responsáveis pelo desenvolvimento da economia mundial, portanto, estão sob pressão da sociedade e dos governos para que tomem medidas para reduzir o desperdício (BRAGA; JUNIOR; RIZZO, 2008). No entanto, as empresas que pretendem se manter no mercado por muito tempo não considerarão apenas fatores econômicos, mas também viabilidade e ecologia, pois sem reorganização comportamental, as empresas poluidoras estão fadadas ao desaparecimento (TINOKO; KRAMER, 2008).

No entanto, a escolha da organização ecologicamente correta que atenda às necessidades do presente sem comprometer o direito das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades, e por isso se destaca das demais, pois a sobrevivência empresarial está intimamente relacionada à ideia de desenvolvimento sustentável e sociedade. Empresas irresponsáveis não podem prejudicar o meio ambiente.

3.2 Descarte incorreto dos resíduos de supermercados

A má gestão dos resíduos sólidos (ou seja, a destinação, transporte, descarte e o armazenamento incorreto dos resíduos) causam sérios impactos ambientais e danos à saúde humana. Os impactos da má gestão dos resíduos sólidos causam poluição atmosférica, poluição hídrica, poluição do solo e poluição visual, e, além disso, dependendo do tipo de resíduos, podem causar doenças para população, ocasionando o dano a saúde das pessoas. Outro impacto significativo é o risco de sofrer penalidades pela gestão inadequada (TINOKO; KRAMER, 2008).

Menezes (2005) declara que a maior precaução com o descarte e destino dos resíduos é a geração de problemas com o meio ambiente e a população. Sendo assim os

setores supermercadistas tem uma participação enorme na procura de soluções sustentáveis relacionadas ao descarte dos produtos. Os descartes das embalagens proporcionam grandes quantidades de lixo doméstico dando origem a poluição ambiental, sendo preciso a elaboração de atividades que possam diminuir essa geração e seus impactos assim evitando focos de destruição ambiental.

Fadini e Fadini (2001) observam que o lixo faz parte da vida do homem e sua geração é necessária. Na Idade Média concentrava-se por todos os locais nas cidades e com isso gerava serias doenças, provocando milhões de mortes. A partir da Revolução Industrial, deu início ao procedimento de urbanização movimentando o homem do campo para a cidade grande, que ocasionou um aumento do desenvolvimento populacional.

Bauman (2012) declara que se vive em tempos concorrentes, curto e rápido, em que o carecimento das pessoas é substituído pela atitude de comprar, por isso as mesmas adquirem cada vez mais produtos e suprem seu tempo mínimo, provocando mais lixo nas cidades.

Silva, Guerra e Mousinho (2003) avaliam que no Brasil, 76% do material descartado encontra-se em locais impróprios, chamados de lixões, o que provoca a disseminação de transmissores aptos para disseminar diversas patologias. O lixão é uma maneira incorreta de descarte final dos resíduos sólidos, sem qualquer conhecimento técnico, coloca em risco o meio ambiente e a saúde da população.

Tommasi (2005) fala que o descarte incorreto contribui para o aumento de mosquitos e roedores que ocasionam doenças na comunidade e a poluição do meio ambiente. Sanches et al. (2006) cita ainda que o descarte incorreto e sem tratamento pode contaminar os lençóis freáticos de diversas regiões, considerando que a água potável fica imprópria para o consumo.

O setor de varejo representa o setor comercial, cuja finalidade é vender diretamente ao consumidor final, para uso pessoal e não comercial, e é composto por empresas de diversos portes e ramos de grandes corporações (AMADEU JUNIOR, 2009).

De acordo com a Deloitte (2009), no setor de varejo, as atividades de comércio de automóveis e supermercados são uma das maiores fontes de renda. Os supermercados assumem um papel significativo no canal de distribuição e passam a assumir mais responsabilidades, principalmente relacionadas com a eliminação de produtos e produção de resíduos, exigindo novas ações e mentalidades das organizações.

Cerreta e Froemming (2013) falam sobre o ambiente onde existem gargalos no desempenho dos supermercados. Vale ressaltar, no entanto, que o varejo tem um impacto menor em relação ao impacto causado pela indústria, mas a quantidade de resíduos gerados pelas compras de supermercado e o número de sacolas geradas por essas compras fazem do varejo um produtor e repassador de resíduos. Mas a maior preocupação é que o descarte do produto e a destinação do lixo se torne um problema, principalmente nas grandes cidades.

Para Cardoso (2009), existem algumas oportunidades para o varejo se tornar mais sustentável, conforme pode ser observado na Figura 3.

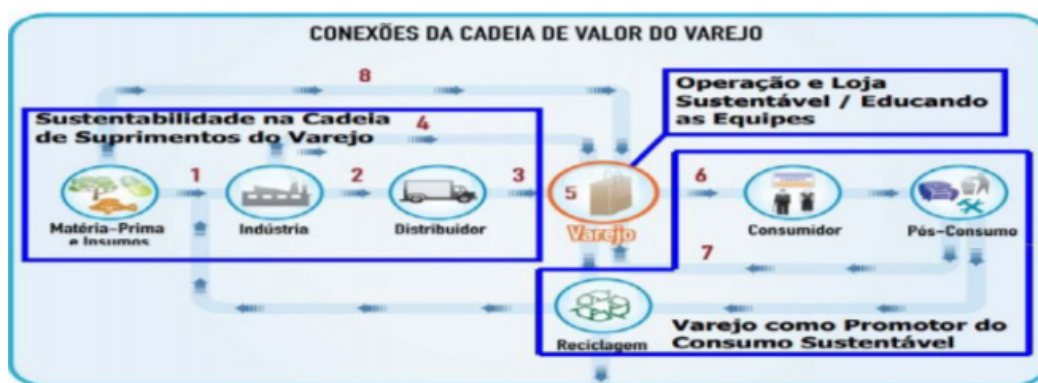


Figura 3 - Oportunidades para o varejo conexões da cadeia de valor do varejo
 Fonte: Cardoso (2009)

Cardoso (2019) explica que a cadeia de valor é uma ferramenta estratégica que representa todo o conjunto de atividades realizadas por uma empresa. Com ela, você tem uma visão mais ampla dos negócios e compreende como esses processos se relacionam entre si. O objetivo é identificar os pontos de melhoria necessários para que sua empresa entregue mais valor aos clientes, ganhe vantagem competitiva no mercado e gere bons resultados. O conceito de cadeia de valor foi criado por Michael Porter em 1985. Trata-se de uma ferramenta para gerenciar todos os processos de uma organização e estabelecer conexões entre eles.

A ideia é que, deixando-os bem interligados, a empresa gere valor para os clientes e, conseqüentemente, melhore sua lucratividade. Isso é possível porque a cadeia de valor engloba todas as atividades do negócio – desde a relação com os fornecedores até a entrega do produto ao consumidor final (CARDOSO, 2019).

O setor de varejo está em um nó estratégico na cadeia de valor do varejo, pois atua do início ao fim da cadeia produtiva. As empresas supermercadistas têm um grande potencial de contribuição no campo da responsabilidade social, principalmente pelo contato direto com os consumidores e toda a comunidade (MACEDO, 2005).

Aligleri, Aligleri e Kruglianskas (2009) as empresas de supermercados precisam focar desde a produção inicial até o pós-consumo, recomendando a prevenção do desperdício de recursos como água e energia, práticas seletivas de desperdício, uso de energia renovável e embalagens não poluentes e recicláveis.

4. MEDIDAS E AÇÕES INCORPORANDO PRÁTICAS AMBIENTAIS QUE CONTRIBUAM PARA A PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

4.1 Logística reserva

Uma prática sustentável amplamente utilizada pelas organizações é a logística reversa, também conhecida como logística reversível ou reversa, que é o ramo da logística que geralmente trata do fluxo físico de materiais desde o ponto de consumo até os produtos, embalagens ou outros materiais. Origem (MOTTA; SILVERA, 2011).

A logística reversa no setor supermercadista ajuda a reduzir o impacto ambiental e social, pois, além da logística reversa para produtos não adequados ao consumo e embalagens de bebidas, o setor também pode oferecer oportunidades de serviços de reciclagem de papel, papelão, plástico, madeira, alimentos Embalagens de produtos de fornecedores varejistas e outros produtos que serão descartados (MENEZES et al., 2005).

Para Silva, Gerra e Mousinho (2000), o principal objetivo da logística reversa é reduzir a poluição e o desperdício ambiental e melhorar a forma como os produtos são reaproveitados e reciclados. Por exemplo, supermercados descartam grandes quantidades de materiais recicláveis como papel, papelão, plástico e outros resíduos que possuem grande potencial de reaproveitamento em sua reciclagem ou outros ciclos de produção ou outros destinos.

Neste contexto, a política 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) tornou-se o ponto de partida para todas as soluções possíveis. Segundo Tommasi (2016), o 3R pode ser definido como:

- a) Reduzir é eliminar o desperdício, retirar da natureza apenas o necessário;
- b) A reutilização é uma estratégia para encontrar novos usos para os resíduos
- c) Reciclagem é a transformação física e química de um produto, que é alterado para fazer um novo produto, sem extrair novos recursos naturais, utilizando matérias-primas já produzidas.

Para Herrera (2014), na política dos 3R's podem ser utilizados as seguintes imagens conforme Figura 4.



Figura 4 - Modelo de Logística Reserva
Fonte: Herrera (2014)

Nota-se que os descartes é uma agressão à natureza, assim, fez-se necessário um planejamento reverso do pós-consumo, visando o retorno e a recuperação dos produtos utilizados, destacando que os produtos não terminam quando são descartados. Assim, vê-se a importância da reciclagem e do reaproveitamento destes produtos, visualizando a responsabilidade da empresa sobre o fim da vida útil de seus respectivos produtos (MOTTA; SILVEIRA, 2011).

As práticas sustentáveis permitem reduzir as perdas com insumos e produtos que não seriam aproveitados, agindo como minimizadora do impacto ambiental dos resíduos na esfera da produção e do pós-consumo. As empresas que propuseram adotar uma postura sustentável estarão cumprindo as questões ambientais perante aos órgãos fiscalizadores; atendendo as exigências do consumidor, que têm preferido as empresas sustentá-

veis; ganhos econômicos com o retorno dos produtos ao processo de produção, evitando gastos com o correto descarte do lixo; e o realce sobre as demais empresas, buscando o diferencial perante os consumidores (MUELLER, 2010)

4.2 Tratamento e valorização dos resíduos

Segundo Bidone (2011) para aplicar o tratamento na recuperação dos resíduos dependerá das características, viabilidade técnica e econômica da aplicação da tecnologia mais adequada. Também é importante garantir que os produtos resultantes da reciclagem sejam aceitos.

4.2.1 Reciclagem

A reciclagem, conforme definido no artigo 3º da Lei 12.305/14 (PNRS), é o processo de transformação de resíduos sólidos alterando suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas para que se torne um novo insumo ou produto (BRASIL, 2014). Em outras palavras, pode-se definir a reciclagem como: a transformação de algo que não é mais útil em matéria-prima para formar os mesmos itens ou não relacionados como antes.

Embora a reciclagem seja um tema explorado no Brasil, ainda não é tão representativo quanto deveria devido às suas vantagens, pois reduz o uso de recursos naturais para utilizar produtos já fabricados, reduzindo as emissões de novos produtos, portanto, os já produzidos que saem podem ser reprocessados e colocados no mercado, e segundo o Ministério do Meio Ambiente, em 2012, cerca de 30% dos “resíduos” eram materiais recicláveis como papel, vidro, plástico e latas (IPA, 2012) .

O mercado de materiais recicláveis vem crescendo com a crise econômica, o advento de novas tecnologias e a busca por maior eficiência no processo produtivo. Além de papel, vidro e latas, cresce a demanda por materiais como Tetra Pak® e PET com novas possibilidades de reaproveitamento. O PET tem uma ampla gama de aplicações na indústria e pode ser convertido em fibras de poliéster para a produção de diversos materiais como roupas, colchas, pêlos de vassoura, etc (DEMAJOROVIC et al., 2010). As redes de supermercados geram grandes quantidades de resíduos, muitos dos quais podem ser reaproveitados, apresentando um amplo leque de oportunidades de reciclagem.

4.2.2 Compostagem

Considerando que apenas os resíduos orgânicos respondem por metade dos resíduos sólidos gerados no Brasil (MMA, 2017), ele pode ser reciclado de várias formas, sendo a principal delas a compostagem. Seguindo a Resolução CONAMA 481/2017, que estabeleceu normas e procedimentos para o processo de compostagem.



Um estudo do Ministério do Meio Ambiente (2017) mostra que a Política Nacional de Resíduos Sólidos estima que o Brasil gere anualmente cerca de 800 mil toneladas de resíduos orgânicos, dos quais apenas 2% são compostados, quantidade muito baixa considerando seu potencial. Estimado. Segundo Santos (2010), a compostagem tem a vantagem de economizar espaço no aterro, além de reaproveitar matéria orgânica, ajudar a reciclar nutrientes no solo e eliminar patógenos. Como desvantagens pode-se citar a produção de odor e a atração de insetos e roedores (MAZZER, 2004).

4.2.3 Incineração

Para a determinação dos parâmetros foi criada a NBR 11.175/2010, que indica a norma a ser seguida para a incineração de resíduos sólidos perigosos, uma vez que esta prática é utilizada para lidar com esses materiais que não possuem propriedades de reciclagem. A incineração é um método de tratamento em que os resíduos são queimados (BRASIL, 2010)

Tem a vantagem de reduzir o volume de resíduos; neutralizar a ação de bactérias e torná-las menos tóxicas; além de permitir o aproveitamento da energia térmica da combustão (FARIA, 2007). No entanto, esta técnica também tem algumas desvantagens. Como muitos gases são produzidos durante a combustão dos resíduos, o processo exige investimentos significativos em ferramentas e filtros para controlar a poluição atmosférica causada por esses gases (SANTOS, 2010).

4.2.4 Disposição Final dos Resíduos

Segundo Bidone (2011), a destinação final dos resíduos deve ocorrer quando não houver mais possibilidade de reaproveitamento, mas de forma controlada e respeitando os planos ambientais.

Em 2010, foi instituída a Lei nº 12.305 (PNRS), que regulamenta os procedimentos para a destinação final de resíduos e como gerenciá-los, determinando que os resíduos devem ter destinação final ambientalmente adequada, o que determina o encerramento do descarte ilegal de resíduos espaciais. Os rejeitos devem ser encaminhados para aterro sanitário uma vez esgotadas as alternativas de reaproveitamento de resíduos notificadas na PNRS.

4.2.5 Aterro Sanitário

De acordo com a NBR 8419/12, aterro sanitário é definido como uma técnica de disposição final que deposita resíduos sólidos no solo sem comprometer a saúde e a segurança pública. O confinamento de resíduos é seguro, reduzindo-o ao menor volume possível, adicionando uma camada de solo após uma determinada camada de resíduos

(ABNT, 2012). Nesta técnica, o solo é impermeabilizado para não contaminar o solo e o lençol freático, bem como a drenagem de líquidos e gases vazados.

Segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2008), por meio da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), 99,96% dos municípios brasileiros possuem serviços de gerenciamento de resíduos sólidos, mas apenas 27,68% desses municípios têm seus resíduos higienizados. Esses números são muito preocupantes, pois a disposição inadequada de rejeitos, além de causar danos ao meio ambiente, ameaça diretamente a população que vive nas proximidades de locais de disposição não regulamentados e representa uma séria ameaça à saúde pública.

Os aterros sanitários têm a vantagem de minimizar o impacto ambiental e são uma opção de disposição economicamente viável. Como desvantagens, podemos citar áreas com vida útil curta e necessidade de expansão de grandes áreas (MAZZER, 2004). Embora os aterros sanitários sejam os destinos mais adequados para os resíduos urbanos, excluindo os resíduos hospitalares, radioativos e industriais perigosos, os aterros sanitários não são a melhor escolha em termos de gestão de resíduos. Para reduzir os resíduos enviados ao aterro, o que deve ser incentivado é o consumo consciente.

4.2.6 Capacitação/Treinamento de gestores e funcionários

No que diz respeito ao meio ambiente, a responsabilidade socioambiental de uma empresa é de interesse da sociedade e de seu entorno, pois as empresas podem causar danos ao meio ambiente em diferentes escalas. Segundo o Instituto Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor (2016), muitos alimentos são danificados durante o transporte, armazenamento e manuseio dentro dos supermercados. Devido à grande quantidade de resíduos gerados dentro da rede, sua equipe deve ser treinada e qualificada para a destinação final adequada. Por isso, a conscientização é muito importante, pois é o trabalho conjunto de todos os envolvidos com o meio ambiente, para que o trabalho final tenha qualidade e eficiência.

Os colaboradores devem estar cientes do impacto ambiental desses resíduos e do quão prejudicial é descartá-los adequadamente, e isso também está em suas vidas, pois esses produtos também chegam às suas residências. Então a ideia de importar e descartar esses resíduos dentro da empresa atende também a própria casa. Dessa forma, as práticas de responsabilidade ambiental de uma organização só serão efetivas se a cultura da empresa estiver atrelada a tais práticas sustentáveis (HERRERA, 2014).

4.3 Tendências sustentáveis no setor supermercadista

Segundo Mendes (2012) várias alternativas sustentáveis são elaboradas pelas organizações, principalmente atividades direcionadas na área ambiental. No ramo de supermercado, algumas das relevantes tendências de atitudes sustentáveis são:



- Produtos verdes: vender produtos com menos agrotóxicos, com elementos mais orgânicos e com pacotes recicláveis (MENDES, 2012). Podem-se citar atividade representando produtos verdes como a garantia de origem do produto, rastreabilidade bovina;
- Gestão de resíduos: geração consciente e descarte correto do lixo. Atitudes como implantação de locais de coleta exclusiva que recebam desde lixo especiais e volumosos, assim como a implementação de estações que recebam medicamentos vencidos são consideradas ações de gestão de resíduos.
- Construções sustentáveis: arquitetura e engenharia que valorizam a sustentabilidade ambiental. Utilização de lâmpadas do tipo Light Emitting Diode (LED) que geram economia de energia, sistema de captação de água da chuva para aproveitamento, são ações adotadas que caracterizam uma construção como sustentável.
- Conservação do meio ambiente: atitudes que tragam soluções e preservação do meio ambiente, como a diminuição de uso de sacolas plásticas, tratamento prévio do esgoto das lojas.

Bardini (2010) afirma que há preocupação com o descarte desses produtos, e algumas ações devem ser tomadas, como venda de plástico e papelão para empresas de reciclagem; compra de mercadorias com embalagens de materiais reciclados de fornecedores.

Daly (2005) afirma que os varejistas supermercadistas têm responsabilidade decisiva em encontrar alternativas relacionadas ao descarte. Como usar sacolas recicláveis e biodegradáveis, criar locais para coleta de baterias e lâmpadas usadas, adquirir produtos de fornecedores considerados socialmente responsáveis, educar comportamentos e conscientização ambiental dos consumidores e reduzir o impacto das embalagens nas decisões de preços. necessidades do consumidor, algumas práticas entraram em vigor e ajudam a reduzir os danos ao meio ambiente.

Mioto (2012) explica que vale destacar a relevância dos supermercados no campo social e a crescente participação do poder de barganha no setor. Como força e núcleo do canal de distribuição, podem exigir que a indústria forneça produtos alternativos sustentáveis, reduzindo o uso de embalagens plásticas, simplificando e diminuindo a quantidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebeu-se que os supermercados possuem grande relevância no cenário brasileiro. O que preocupa, entretanto, são os impactos que o resultado de suas operações, no que se refere ao descarte dos produtos, acabam provocando, especialmente quanto à quantidade de lixo gerada pelas compras realizadas em suas lojas. O questionamento dessa pesquisa foi elaborado a partir da revisão literária sobre entender qual é a importância do descarte correto dos resíduos sólidos de supermercados.

No primeiro capítulo se observa as características dos resíduos sólidos gerados pelos supermercados, constata-se que a quantidade de embalagens e sacolas resultantes das compras realizadas pelos consumidores fazem do varejo ao mesmo tempo um produtor e repassador de produtos geradores de lixo doméstico.

No segundo capítulo se ressalta sobre as consequências geradas pelos resíduos. A má gestão dos resíduos sólidos (ou seja, a destinação, transporte, descarte e o armazenamento incorreto dos resíduos) causam sérios impactos ambientais e danos à saúde humana.

O terceiro capítulo desta pesquisa destaca a consciência da importância de ações supermercadistas em benefício do ambiente, entretanto acabam se esquivando da sua responsabilidade enquanto intermediários do canal de distribuição. Transferem essa responsabilidade ao fabricante e ao consumidor, e nenhuma atitude ou ação maior é por eles desenvolvida

Dessa forma, constata-se que os supermercados têm uma responsabilidade importante na busca de alternativas relacionadas essencialmente ao descarte. Alternativas como o uso de sacolas retornáveis e biodegradáveis, a criação de locais para coleta de pilhas e lâmpadas usadas, compras de fornecedores considerados socialmente responsáveis, ações de educação e conscientização ambiental do consumidor e diminuição do impacto da embalagem na decisão de oferta por parte do varejo e de demanda por parte do consumidor, são algumas práticas que começam a vigorar e que auxiliam na redução dos danos ambientais.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2010). **NBR 10004. Resíduos sólidos** - Classificação. Rio de Janeiro – RJ.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**: 2017. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>>. Acesso em 05 de março de 2022
- ALIGLERI, Lilian; ALIGLERI, Luiz Antonio; KRUGLIANSKAS, Isak. **Gestão ambiental**: responsabilidade e sustentabilidade do negócio. São Paulo: Atlas, 2009.
- AMADEU JÚNIOR, Alcides. **Varejo e Sustentabilidade**: desafios e oportunidades para a promoção do consumo sustentável por meio do setor varejista. Fundação Getúlio Varga. São Paulo, 2015.
- BARDINI, Rogério. **Pilhas e baterias**: o lixo dentro de casa. Reciclar é preciso. Disponível em: <<http://www.reciclarepreciso.hpg.ig.com.br/pilhasbaterias.htm>>. Acesso em 05 de março de 2022
- BAUMAN, Zygmunt. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2001
- BIDONE, F. A. **Resíduos Sólidos Provenientes de Coletas Especiais**: eliminação e Valorização, Rio de Janeiro, ABES, 218 p. 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Consumo diário**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2013/08/politica-nacional-de-residuos-solidos-completa-3-anos>>. Acesso em 05 de março de 2022.
- BRASIL, Lei nº 5.610, de 16 de fevereiro de 2010. Dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 de fev. 2010. Seção 1, p.
- BRASIL. Lei 12.305, de 02 de agosto de 2012. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei

- no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. . Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 de ago. 2012. Seção 1, p
- BRAGA JÚNIOR, S. S.; RIZZO, M. R. Sustentabilidade através do aproveitamento de resíduos: um estudo dos processos implantados por um supermercado de médio porte. **BioEng**, Tupã, v.4 n.2, p. 108-125, Mai/Ago., 2010
- CERETTA, S. B.; FROEMMING, L. M. Geração Z: Compreendendo os Hábitos de Consumo da Geração Emergente. RAUnP - **Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Administração da Universidade Potiguar**, v. 3, n. 2, art. 2, p. 15-24, 2013.
- DAS, Subhasish; LEE, S.-H.; KUMAR, Pawan; KIM, Ki-Hyun; LEE, Sang Soo. Gestão de resíduos sólidos: escopo e o desafio da sustentabilidade. **Journal of Cleaner Production**. v.13, n.5, 2019
- DEMAJOROVIC, J.; BESEN, G. R. **Gestão Compartilhada de Resíduos Sólidos: Avanços e Desafios para a Sustentabilidade**. XXXI Encontro da ANPAD. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: < <http://www.anpad.org.br/>>. Acesso em 05 de março de 2022.
- DELOITTE. **Análise Setorial: o varejo no novo cenário econômico**. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/notatecnica/2008/notatec74.pdf>> Acesso em: 02 de maio de 2022
- DIEESE. **Análise Setorial do comércio varejista 2018**. Disponível em:<http://www.dieese.org.br/notatecnica/2008/notatec74.pdf>. Acesso em 05 de março de 2022.
- DALY, H. E. Sustentabilidade em um mundo lotado. **Scientific American Brasil**., v. 4 n. 41, São Paulo, out. 2015
- FADINI, Pedro Sérgio; FADINI, Almerinda Barbosa. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos temáticos de Química Nova na Escola**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, v. 1. p. 9-18, maio 2010
- HERRERA, Leslie. **Reduce, reutiliza y recicla las botellas de tus refrescos pascual**. Disponível em: <<http://www.pascual.com.mx/blog2/reutiliza-y-recicla-las-botellas-de-tus-refrescos-pascual/>> Acesso em 02 de maio de 2022
- INSTITUTO CENTRO DE CAPACITAÇÃO E APOIO AO EMPREENDEDOR – CENTRO CAPE. **Reutilização e reciclagem de resíduos de supermercados**. Belo Horizonte. 27 f. Disponível em: <<http://www.centrocape.org.br/destaques/index/manual-residuos-de-supermercados>>
- KUDRJAWZEW, V. **Planos de gerenciamento**. In: JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J.V. 1 Ed. Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Barueri: Manole, 2012.
- KOTLER, Philip. **Princípios de marketing**. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano nacional de resíduos sólidos. 103 f. Brasília, 2017
- MAREGA, C.C.R. **Diagnóstico da geração de resíduos sólidos em shopping de médio porte**. 2011. 104 f. Dissertação (Pós-graduação em engenharia civil) – Faculdade de engenharia civil, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais. 2011.
- MENDES, F.C.M. **Sustentabilidade no varejo: práticas ambientais e suas implicações na consolidação da marca institucional**. Dissertação (Pós-graduação em Ciências da Comunicação) – Escola de Artes e Comunicação, Universidade de São Paulo, 2012.
- MENEZES, Marília Gabriela de et al. Lixo, cidadania e ensino. Química Nova na Escola, São Paulo: **Sociedade Brasileira de Química**, v. 22, p. 38-41, nov. 2005
- PARENTE, J.; GELMAN, J.; CARDOSO R. (Coords). **Fórum de Varejo e Consumo Sustentável: experiências, debates e desafios**. Fundação Getúlio Vargas, GVcev – Centro de Excelência em Varejo da FGV-EAESP. São Paulo: FGV, 2009.
- STEINER, P.A. **Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba/PR**. 2010. 179 f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.
- TINOCO, João Eduardo Prudêncio; KRAEMER, Maria Elisabeth. **Contabilidade e Gestão ambiental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2018
- TOMMASI, Luiz Roberto. **A degradação do meio ambiente**. São Paulo: Nobel, 2016.

CAPÍTULO 3

IMPACTOS AMBIENTAIS NA DESTINAÇÃO INCORRETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

*ENVIRONMENTAL IMPACTS ON THE INCORRECT DISPOSAL OF SOLID
WASTE*

Thamiris Silva Pereira¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luis-MA

Resumo

Os problemas decorrentes do descarte de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU's) a céu aberto têm sido uma questão recorrente e necessitam ser devidamente abordados. Por outro lado, fica evidente o desperdício de materiais para os quais, há muito, dispõe-se de tecnologias capazes de repô-los em uma nova cadeia produtiva, com reduções significativas na extração de recursos naturais – que caminham para a exaustão – comprovada minimização de matérias primas de origem, energia e outros insumos. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho foi identificar os impactos socioambientais causados pela destinação inadequado pelos resíduos sólidos. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Em conclusão, demonstram-se que apesar do assunto em pauta ser muito debatido e existir políticas públicas que proíbem os lixões, tais práticas ainda são muito frequentes, especificamente, com relação aos impactos negativos dos lixões.

Palavras-chave: Resíduos de Sólidos, Impacto socioambiental, Sustentabilidade.

Abstract

The problems arising from the disposal of Urban Solid Waste (MSW's) in the open have been a recurring issue and need to be properly addressed. On the other hand, the waste of materials for which, for a long time, technologies capable of replacing them in a new production chain is evident, with significant reductions in the extraction of natural resources - which are on the way to exhaustion - proven minimization. of raw materials of origin, energy and other inputs. In this sense, the main objective of this work was to identify the socio-environmental impacts caused by the inadequate disposal of solid waste. 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 environmental engineering. In conclusion, it is shown that despite the subject being much debated and there are public policies that prohibit dumps, such practices are still very frequent, specifically in relation to the negative impacts of dumps.

Keywords: Solid Waste, Socio-environmental impact, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O descarte de resíduos tornou-se um problema mundial de danos ambientais e poluição, e se forem descartados sem nenhum tratamento, podem afetar o solo, a água e/ou o ar. A contaminação do solo altera suas propriedades físico-químicas, representando uma séria ameaça à saúde pública e um ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças.

Diante desse contexto, este trabalho justifica-se bem em mostrar a importância do impacto ambiental do uso indevido e sua destinação é o foco principal das questões atuais e a reciclagem é uma das alternativas mais importantes para tentar coibir o acúmulo de todos os tipos de resíduos nas grandes cidades.

Nota-se que a preocupação com o meio ambiente tem se tornado cada vez maior e as pesquisas sobre gestão de resíduos vem aumentando a cada dia. Uma das maiores causas disso é a necessidade do reaproveitamento e do uso correto dos materiais que são chamados de descartes. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: quais são os impactos ambientais gerados pela destinação incorreta dos resíduos sólidos?

No objetivo geral do presente estudo foi identificar os impactos socioambientais causados pela destinação inadequado pelos resíduos sólidos. Além dos objetivos específicos que são apresentar as características dos resíduos sólidos; identificar as principais consequências do impacto socioambiental causados pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos e descrever soluções sustentáveis para o aproveitamento e destinação dos resíduos sólidos.

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 e Sustentabilidade (REES), 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 2020. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Características dos Resíduos Sólidos

Para Gonçalves (2015), lixo é compreendido como todos os materiais inúteis de uso único que normalmente são descartados em locais públicos. Pode ser integrado por: materiais orgânicos (restos de alimentos), que respondem por cerca de 65% a 70% da produção nos países em desenvolvimento que equivalem a 5% do total de resíduos, ou seja, não podem ser reciclados os resíduos utilizados ou compostados em si e materiais



recicláveis (plástico, papel, metal e vidro), que representam cerca de 25 a 30 por cento em peso, mas representam a maior parte do volume.

Ornelas (2011) fala que ao comparar o aumento populacional houve um grande significado na geração de resíduos sólidos, o que apresenta o grande desafio da sociedade contemporânea, equiparando a produção excessiva com a destinação final ambientalmente segura dos resíduos sólidos. Embora os países desenvolvidos gerem uma quantidade maior de resíduos, eles têm uma maior capacidade de equacionar a gestão devido aos seus recursos econômicos, desenvolvimento tecnológico e conscientização da população.

Para Naime (2010), o entendimento atual é que materiais individuais que podem ser reciclados ou reutilizados recebem tratamento de resíduos sólidos, enquanto materiais misturados e empilhados têm mais conotação de lixo.

Em agosto de 2010, foi instituída a PNRS, Lei n. 12.305 (BRASIL, 2010). Esta lei define resíduos sólidos como:

substâncias, artigos ou resíduos produzidos por seres humanos no exercício de suas atividades sociais, transportados na forma sólida ou semi-sólida até seu destino final, a particularidade dos recipientes e líquidos destinados que os impeçam de serem despejados em sistemas [...] públicos de esgoto ou corpos d'água, ou seja necessária uma solução técnica ou economicamente inviável dada a melhor tecnologia disponível.

O resíduo sólido é considerado um objeto reutilizável e reciclável que deve ser descartado pelas tecnologias existentes. Os rejeitos não recicláveis são chamados de rejeitos e são dispostos adequadamente no solo (BRASIL, 2010), ou seja, aterros sanitários, que devem ser tratados com esgoto para evitar a degradação ambiental do solo e da água. O lixo reciclável, por sua vez, é um bem econômico com valor social, gerador de emprego e renda e viabilizador da cidadania.

Diante da grande quantidade de resíduos não degradáveis, separar esses materiais para reciclagem torna-se uma alternativa, mas é necessário informar/educar a população, pois essa não é uma prática diária no Brasil. Como ressalta Reveilleau (2011), os conceitos de participação, cooperação e compartilhamento são essenciais para a proteção do meio ambiente, mesmo levando em conta o disposto na Constituição Federal no artigo 225 "caput", que menciona expressamente: "Poder público e responsabilidade coletiva proteger e defender o meio ambiente".

Ornelas (2011) diz que a limpeza pública é um compromisso dos municípios, mas o descaso, a instabilidade e a falta de fiscalização levam a eventuais depósitos a céu aberto na capital, e mesmo diante da gestão inadequada dos resíduos sólidos, a sociedade tem a responsabilidade pela destinação dos resíduos.

As características dos resíduos sólidos ou lixo variam em função dos aspectos sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, uma vez que esses fatores também diferenciam as comunidades entre si e as próprias cidades. Conforme dados de Monteiro (2015) pôde-se observar o gráfico 1, em que são exibidas as variações das composições do lixo nos países como Brasil, Alemanha, Holanda e Estados Unidos, verificando-se que a matéria orgânica tende a se reduzir nos países mais desenvolvidos ou industrializados,

por razão da grande quantidade de alimentos semi prontos disponíveis no mercado consumidor.

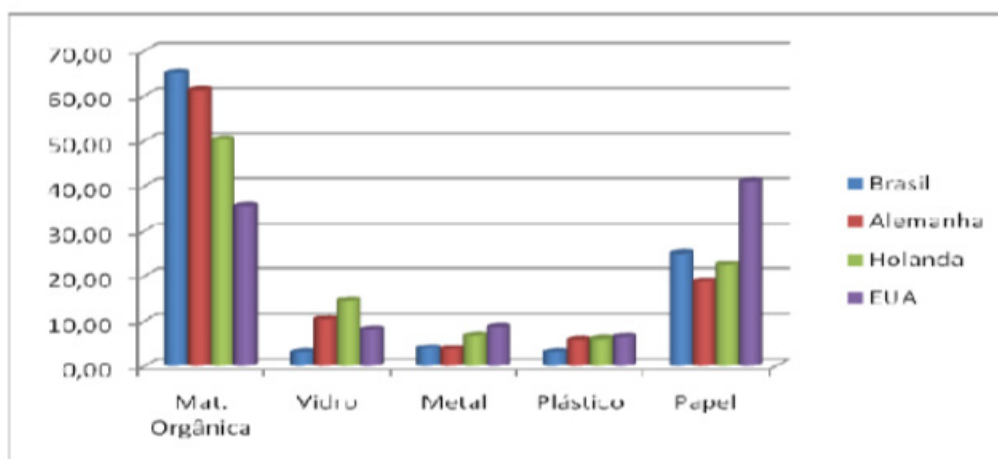


Gráfico 1: Composição gravimétrica do lixo dos países Brasil, Alemanha Holanda e Estados Unidos
Fonte: Monteiro (2015)

Os resíduos sólidos adquirem diversas classificações com base nas características estabelecidas. Este conjunto é essencial para melhorar estrategicamente a eficiência da gestão. A Norma Brasileira de Referência (NBR) 10.004/14 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica os resíduos sólidos de acordo com seu potencial de risco ao meio ambiente e à saúde pública para uma gestão adequada.

A lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), em seu art. 13 classifica os RS quanto à sua origem:

- Resíduos sólidos urbanos: incluindo o lixo doméstico gerado na vida dos moradores urbanos e serviços de limpeza urbana como limpeza, logradouros públicos e limpeza de vias.
- Resíduos sólidos industriais: aqueles produzidos em processos de produção e instalações industriais.
- Resíduos sólidos de serviços de saúde: as que surgem nos serviços de saúde conforme definido em regulamentos ou normas elaboradas pelos órgãos do Sisnama e SNVS.
- Resíduos sólidos de construção civil: decorrentes da construção, renovação, manutenção e demolição de obras civis, incluindo a preparação e escavação de terrenos para obras civis.

Segundo a NBR 10004 da ABNT os RS são classificados de acordo com seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública:

- Classe I – Perigosos: aqueles que são perigosos, ou possuem uma das seguintes características: inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos, patogênicos, representam risco à saúde pública e/ou prejudicam o meio ambiente se manuseados ou descartados de forma inadequada;
- Classe II A – Não perigosos (Não inertes): Aqueles não classificados como resíduos Classe I (perigosos) ou resíduos Classe II B (inertes). Podem apresentar as seguintes propriedades: biodegradáveis, inflamáveis ou solúveis em água;

- Classe II B – Não perigosos (Inertes): Qualquer resíduo, quando amostrado de forma representativa e submetido a contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada em temperatura ambiente, no qual nenhum constituinte se dissolva em concentrações acima dos padrões da água potável, mas a cor, turbidez, firmeza e sabor (ABNT, 2014).

Conforme a Lei 12.305 da PNRS apresenta pontos importantes quanto a preocupação com a quantidade de resíduos gerados, conforme o artigo 9º:

na gestão de resíduos sólidos devem ser acompanhadas das seguintes prioridades: não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem, destinação final de resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos (BRASIL, 2010, p. 23).

Segundo Oliveira (2012), a gestão é uma série de ações que visam solucionar os problemas dos resíduos sólidos, como normas, leis e procedimentos sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Segundo Schalch (2002), está relacionado à tomada de decisão e escolha, envolvendo organização e políticas setoriais (resíduos sólidos), instituições, ferramentas e instrumentos.

A gestão integrada de resíduos sólidos é uma série de ações realizadas para solucionar o problema dos resíduos sólidos sob a premissa do controle social e do desenvolvimento sustentável, levando em consideração aspectos políticos, econômicos, ambientais, culturais e sociais (BRASIL, 2010).

O termo "gestão" pressupõe ação, implementação, implementação de planos, execução. Pressupõe a existência de um "gerente" responsável por fazer o plano. Segundo Ferreira (2018, p. 432), gerir é "dirigir, gerir como gestor".

Especificamente sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, a PNRS definiu como:

[...] uma série de ações realizadas direta ou indiretamente durante as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos e a etapa de disposição final ambientalmente adequada de rejeitos sob um plano municipal integrado de gestão de resíduos sólidos ou um planejamento de gestão de resíduos sólidos [...] (BRASIL, 2010a, n.p.).

Para Neto (2017), a gestão de RSU começa em nossa casa, onde é separado/isolado na fonte de produção e devidamente acondicionado em preparação para a coleta. Se os resíduos sólidos forem manuseados com cuidado desde o início, isso não será mais um problema.

De 2011 a 2012, a taxa de crescimento da geração de RSU de 1,3% (ABRELPE, 2012) foi superior à taxa de crescimento da população urbana nacional de 0,9% no mesmo período. Ainda hoje, centenas de cidades brasileiras não possuem um sistema de coleta regular. Quanto à disposição final, segundo dados da ABRELPE, em 2012 cerca de 6,2 milhões de toneladas de RSU no Brasil não foram coletados e, portanto, descartados de forma inadequada.

Em relação a 2011, a destinação final dos RSU no Brasil permanece inalterada (Figura 01). O índice de 58% correspondente à adequação da destinação final em 2012 ainda é expressivo, mas o número de RSU destinados inadequadamente aumentou em relação ao ano anterior, totalizando 23,7 milhões de toneladas destinadas aos aterros controlados, provenientes de fontes do meio ambiente. perspectiva, eles são pouco diferentes dos aterros sanitários, pois não possuem o conjunto de sistemas necessários para proteger o meio ambiente e a saúde pública

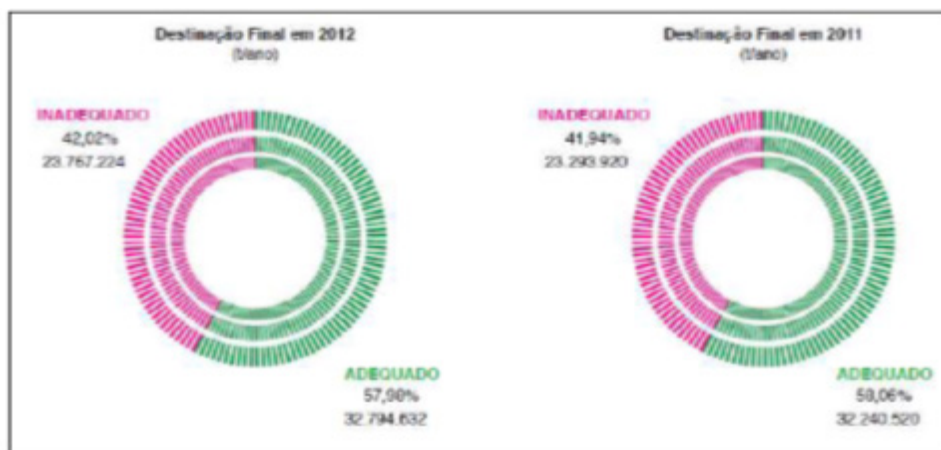


Figura 1 - Situação da destinação final dos RSU no Brasil
Fonte: ABRELPE (2012)

A gestão dos resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade do governo municipal. Para estabelecimentos comerciais, o município é responsável apenas pela coleta e descarte de uma pequena quantidade, geralmente não superior a 50 kg por dia, além da qual é manuseado e descartado pelo estabelecimento (TENÓRIO; ESPINOSA, 2014, p. 160).

2.2 Impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos sólidos urbanos

Calixto (2020) explica que o avanço do sistema capitalista que tem como um de seus pilares fazer com que as pessoas tenham a necessidade de consumir mais e mais, muitas vezes sem a necessidade desse consumo, é o principal fator para o aumento dos resíduos sólidos. De modo que esses resíduos gerados pela sociedade são, em sua maioria, descartados de forma incorreta em lixões a céu aberto, ruas, rios ou nos mares, gerando um enorme impacto socioambiental.

Ferreira (2019) afirma em média cada pessoa produz um quilo de lixo por dia, sendo a população mundial de mais de 7 bilhões de pessoas, de tal modo que é produzido mais de 7 milhões de toneladas de lixo por dia sendo esses produzidos apenas por pessoas. Contudo, não é apenas a população que gera resíduos, as indústrias, empresas, hospitais e entre outros também o geram, e em uma quantidade muito superior a um quilo por dia, de tal forma que é de suma importância que esses resíduos tenham um descarte correto, haja vista que muitos deles, como os resíduos gerados em indústrias e hospitais, quando não têm o descarte adequado causam danos graves e de difícil remediação tanto ao meio ambiente quanto a saúde da população.

Freitas (2019) diz que um dos impactos que os resíduos sólidos descartados de ma-

neira inadequada causam a saúde pública é a colaboração direta para a proliferação de vetores, pois são um local que promovem alimento, água e abrigo para esses animais, a exemplo dos lixões a céu aberto. Visto isso, e na atual situação do Brasil de ser o quarto país mais gerador de lixo, é mais do que necessário haver o descarte correto do lixo.

A geração de resíduos urbanos é motivo de grande preocupação na sociedade atual, devido ao excesso de produção e consumo de produtos industrializados, grande parte deles são armazenados ao ar livre ou em locais onde não é permitido o armazenamento, o que acarreta graves problemas ambientais (FERREIRA, 2019).

Segundo Oliveira e Carvalho (2004), o impacto da má gestão dos resíduos sólidos pode causar poluição ambiental direta ou indiretamente. A reprodução de moscas, baratas, ratos e outros vetores que se alimentam desses resíduos aumenta a incidência de zoonoses.

Segundo Mucelin e Bellini (2008), são impactos ambientais negativos dos resíduos sólidos urbanos, que são causados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos no fundo de vales, ruas ou ao longo de cursos d'água.

Essas práticas comuns podem levar à poluição da água, assoreamento, inundações, propagação de certas doenças, como diarreia, leptospirose, vermes, cólera e dengue, e vetores transmissores de doenças (como cães, gatos, ratos, baratas, moscas, vermes) proliferação, e assim por diante. Além disso, há poluição visual, cheiros desagradáveis e poluição ambiental. O RSU, comumente conhecido como lixo, é um problema ambiental e social global, especialmente em grandes centros urbanos de países subdesenvolvidos. Pouco se sabe sobre o impacto do descarte a céu aberto desses resíduos na saúde humana e nas práticas de higiene da população relacionadas a esses resíduos (FERREIRA, 2019).

A geração de RSU é diretamente proporcional ao crescimento populacional e há uma maior demanda por serviços de coleta pública. Se esses resíduos não forem devidamente coletados e tratados, não só causarão degradação ambiental, mas também impactos diretos e indiretos na saúde social. Esse fator envolve um grande número de crescimento populacional, desigualdade social e a extrema disposição de consumir na sociedade moderna. As pessoas mais pobres quase sempre pagam o preço. Hoje, como a maioria das pessoas mora nas cidades e com o desenvolvimento da indústria mundial, os hábitos de consumo das pessoas mudaram, e a quantidade e a diversidade dos resíduos gerados são diferentes. Mesmo em áreas rurais, garrafas e sacolas plásticas estão se acumulando devido a métodos inadequados de destinação final (IPT / CEMPRE, 2005).

O metano é muito comum em aterros sanitários, é um gás de efeito estufa, expresso como CH₄, que é muito fácil de explodir em contato com o ar. Pode ser produzido na natureza em determinados processos, como a decomposição de resíduos orgânicos, a digestão de animais e rebanhos e certos tipos de bactérias (FERREIRA, 2019).

Carvalho (2004) afirma que para humanos, a exposição a gases pode ser prejudicial à saúde. A inalação pode causar asfixia, perda de consciência, parada cardíaca e até mesmo danos ao sistema nervoso central. No que diz respeito aos resíduos, o metano produzido no aterro será queimado porque, no processo, será convertido em dióxido de carbono por ser mais fácil de isolar da atmosfera. No entanto, existe uma alternativa para

o uso de energia, que é a conversão do metano em eletricidade nas fábricas instaladas em aterros sanitários. Um bom exemplo disso é uma cidade americana onde milhares de famílias fornecem metano.

A cobertura insuficiente da coleta de lixo em áreas remotas e inconvenientes, aliada à falta de educação ambiental da população, faz com que o lixo seja lançado em valas e encostas. Quando chove forte, esses materiais vão para o ponto mais baixo, onde ficam os canais, rios e bueiros. Não é difícil imaginar o que acontecerá a seguir: esse material fica retido na coluna da ponte, reduzindo a seção transversal do canal, bloqueando a passagem da água da chuva no ralo pluvial e causando inundações urbanas (FILHO; MARTINS; PORTO, 2011).

Para o solo e subsolo, os resíduos sólidos urbanos podem ser extremamente corrosivos: a poluição do solo e do subsolo pode ser sólida, líquida ou gasosa (SYLVEIRA, 2005). Os resíduos podem causar uma degradação do solo muito grave: os resíduos sólidos são muito importantes na degradação do solo. Devido ao seu grande número e composição, podem poluir o solo e até degradar as águas subterrâneas. O valor da limpeza pública e da educação ambiental pode ajudar a evitar a poluição do solo e formar uma consciência ecológica (PORTAL, 2005).

O descarte incorreto desses resíduos torna o meio ambiente extremamente desagradável. Esse desperdício levará à propagação de doenças zoonóticas. As áreas urbanas onde ocorreu o descarte incorreto são extremamente subestimadas. Silveira (2005) destacou que para serem saudáveis, os organismos precisam viver em um ambiente que lhes proporcione bem-estar, condições nutricionais adequadas, moradia, trabalho, lazer, higiene pessoal e saneamento básico, para que não sejam afetados pelo lixo e doenças relacionadas.

A proteção do meio ambiente em que se vive deve ser idealizada, e todos devem cumpri-la, sem exceção, porque existem políticas públicas voltadas para a conscientização ambiental, mas nem todos parecem cumprir essas políticas. O ser humano interveio no meio ambiente durante sua vida na Terra e de repente mudou as características naturais, essas mudanças sempre trazem muitos problemas que põem diretamente em perigo a vida humana (MARQUES, 2006).

A saúde pode ser pensada como o estado em que um organismo se encontra em uma resposta satisfatória às exigências ambientais, o que estende esse conceito a todos os seres vivos. Para as pessoas, a saúde pode ser considerada um estado de felicidade consciente, neste estado o indivíduo encontra-se em plena atividade física e mental, respondendo ao seu corpo, biologia e meio social, sem dor ou sofrimento, fadiga e tristeza (MAX, 2006, p. 369).

Ferreira (2019) disse que ao analisar esse conceito, tendo como alvo direto o Brasil e vinculando-o a todos os problemas de lixo enfrentados pelo país, pode-se perceber que nem todo mundo tem saúde. O descarte incorreto de resíduos afeta diretamente os mais pobres, aqueles que vivem em más condições sanitárias e aqueles que dependem diretamente dos resíduos para sobreviver e, se tiverem um aterro adequado, não enfrentarão essas dificuldades.

De acordo com a Lei 11.445 / 2007, o saneamento básico é um conjunto de serviços, como abastecimento de água para moradores, coleta, tratamento e destinação sanitária e ambientalmente adequada de efluentes, regularização, coleta e transporte final de resíduos sólidos, controle de inundações, controle de vetores de doenças, saneamento alimentar e de transporte, saneamento e ordenamento do território, controle da poluição, saneamento habitacional, infraestrutura e instalações operacionais fornecem o suporte necessário para o alcance desses objetivos, que são justos e universais (BRASIL, 2007).

Segundo Cussioli (2008), "gestão de resíduos" é um conjunto de atividades técnicas e administrativas aplicáveis ao tratamento, redução, separação na fonte, coleta e embalagem, transporte, armazenamento, tratamento, controle, registro e disposição final.

Carvalho (2004) diz que existe uma relação inerente entre higiene básica e saúde. Onde existe um sistema básico de saúde eficaz, existe saúde. Mas esse tipo de saúde é diferente da saúde comum que as pessoas buscam no hospital, o saneamento promove a saúde coletiva preventiva e reduz muito a propagação de várias doenças, pois elimina completamente a chance de isso acontecer.

Ferreira (2019) lembrou que a maioria das doenças relacionadas ao lixo vinha de ambientes sem saneamento básico. Um bom exemplo de doenças relacionadas ao lixo é a peste, que ocorreu na Idade Média e causou a morte de grande parte da população europeia e chinesa devido à grave falta de saneamento básico. É uma doença transmitida pela *Yersinia pestis*, que existe em todo o mundo, é transmitida por roedores e pulgas vetores, que se multiplicam no lixo doméstico. Porém, desaparecimento da doença não se deve inteiramente à mudança de hábitos de higiene, pois o principal fator é a mudança do meio de transmissão.

As doenças relacionadas ao lixo são um problema sério que precisa ser resolvido com urgência. As pessoas que vivem no lixo podem estar infectadas com muitas doenças. As principais doenças são a giardíase e a amebíase, que se propagam principalmente pelo contato direto com o cabelo humano pelas moscas. Pneumonia, intoxicação alimentar e hepatite são transmitidas pelas baratas. As baratas se alimentam de lixo, defecam em utensílios domésticos e poluem tudo ao seu redor.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) implantou o Gerenciamento Integrado de Vetores (IVM) em 2008, que é o processo de tomada de decisão para o controle desses vetores. Se todos puderem ter um sistema de saneamento básico adequado, principalmente no descarte adequado dos resíduos sólidos urbanos, todos poderão ter uma saúde melhor (BRASIL, 2005).

2.3 Alternativas sustentáveis para a reutilização e destinação dos resíduos sólidos

Com o aumento significativo da consciência ecológica da população urbana, diversas alternativas surgiram para utilizar os produtos contidos nos resíduos urbanos. Para os resíduos sólidos domésticos ou municipais, a principal alternativa se limita à implantação de planos de coleta seletiva em áreas ou bairros selecionados da cidade, que podem

utilizar vidro, plástico, metal e papel (RIBEIRO; BESEN, 2007).

Calderoni (2007) acredita que a gestão adequada dos resíduos é uma alternativa que auxilia no desenvolvimento sustentável, pois pode economizar recursos naturais (matérias-primas, energia, água) e saneamento ambiental (reduzir a poluição do ar, água, solo e subsolo). Quando se trata de resíduos sólidos, a relação entre resíduos e questões ambientais torna-se mais evidente, pois o grau de dispersão é muito inferior ao de líquidos e gases (DEMAJOROVIC, 2005).

Sato e Santos (2006) explicaram que as diretrizes da Agenda 21 do Brasil apontam estratégias para a gestão adequada de resíduos: minimizar a geração de resíduos; maximizar práticas de reutilização e reciclagem ambientalmente corretas; promover a proteção ambiental. Sistema inclusivo de tratamento e disposição de resíduos; cobertura dos serviços de coleta e destinação final.

De acordo com Valle (2005), os aterros sanitários podem limitar com segurança a poluição ambiental e o desperdício de saúde pública. Também descreve o arranjo em camadas do lixo, compactado com um trator e coberto com uma camada de solo, que será a base para uma nova camada de lixo. O mesmo autor acrescentou que a instalação dos aterros deve ser feita na área correta selecionada, longe do corpo d'água, e sua base deve conter uma camada impermeável e dutos de drenagem para permitir o controle e tratamento do chorume.

Dionísio e Dionísio (2010) também destacam que, os aterros são preparados para receber resíduos, protegendo assim as águas subterrâneas (uma camada de água no subsolo) do lixiviado produzido por decomposição biológica ou qualquer outro tipo de poluente. Os aterros são baseados em tecnologia de engenharia avançada, por isso ocupam o mínimo de espaço possível e possuem um sistema de impermeabilização eficiente

Segundo Ferreira (2011), os aterros sanitários são valas escavadas no subsolo e cobertas com lona plástica. O lixo colocado na lona é compactado pelo trator e o trator vira o lixo de três a cinco vezes. À medida que o lixo é compactado, ele é coberto com uma camada de solo de 6 a 30 cm de espessura. O lixo coberto com sujeira não atrairá moscas, ratos e abutres. O gás e o lixiviado são gerados durante a decomposição dos resíduos e são tratados para evitar odores desagradáveis e poluição das águas subterrâneas.

As lixeiras são locais onde os resíduos são finalmente eliminados ao ar livre, sem medidas de proteção do ambiente ou da saúde pública. Segundo o Instituto Brasileiro de Gestão Municipal (IBAM, 2001), o lixão é uma forma inadequada de destinação dos resíduos sólidos urbanos, pois pode causar uma série de impactos ambientais negativos

Aproximadamente 70% das cidades brasileiras ainda utilizam lixões como forma de destinação de resíduos sólidos (IBGE, 2018). Esta irresponsabilidade tem trazido diversos problemas socioambientais. O lixo exposto ao ar atrai animais, bactérias e fungos. A decomposição libera o odor do vento, atraindo baratas, camundongos, abutres e diversos insetos, que se alimentam da matéria orgânica do lixo e encontram condições favoráveis para sobrevivência, abrigo e reprodução no lixo. Esses animais são vetores de doenças como cólera, disenteria e diarreia

Dionísio e Dionísio (2010) comentam que o lixo provoca a reprodução de diversos vetores como moscas, mosquitos e camundongos, o que agrava a situação porque os necrófagos não são apenas diretamente contaminados, mas também contaminados por esses vetores.

Demajorovic (2005) explicou que o descarte de baterias e equipamentos eletrônicos em um aterro sanitário pode ser catastrófico. Os resíduos químicos produzidos pela composição desses materiais são muito tóxicos, pois contêm metais pesados e serão degradados lentamente pelo meio ambiente. Como alternativa, pode-se citar também a compostagem, que envolve a transformação da matéria orgânica contida em dejetos de origem animal e vegetal por meio de processos biológicos. O resultado final desse processo é o composto orgânico (fertilizante), que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas propriedades sem representar risco para o meio ambiente (FERREIRA, 2011).

A viabilidade em grande escala desse processo é complicada porque não há separação de resíduos orgânicos em restaurantes e residências (DIONISIO; DINOSIO, 2010). O contato com outros resíduos sólidos pode fazer com que materiais orgânicos sejam contaminados por patógenos, como coliformes fecais, salmonela e estreptococos fecais.

A coleta seletiva inclui a separação e coleta dos materiais descartados no lixo, separando os materiais orgânicos dos não orgânicos e dando a destinação correta. Os principais materiais recicláveis são papel, plástico, vidro e metal (PROGRAMA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2011).

A coleta seletiva é considerada uma alternativa para solucionar o problema do lixo, podendo reaproveitar melhor papel, vidro, metal, plástico e materiais orgânicos. Reduz a quantidade de resíduos que entra no aterro, prolonga sua vida útil e evita que a prefeitura tenha que gastar dinheiro para construir um novo aterro. Quando os materiais recicláveis são encaminhados para centros de triagem, outro benefício para a sociedade é que há um trabalho mais digno, onde os materiais recicláveis podem ser encontrados nas ruas ou lixões (INSTITUTO AKATU, 2006).

A coleta seletiva também pode ser vista como um processo de educação ambiental, pois torna a comunidade mais sensível à superprodução de resíduos e lixo. A coleta seletiva começa dentro de casa, onde o lixo é separado e depois recolhido no município. A atenção do município e as ações no uso da coleta seletiva são de extrema importância, pois o poder público é responsável pela coleta dos materiais, que podem ser encaminhados para centros de reciclagem ou cooperativas de coleta de lixo (LOGA, 2013).

De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011), os resíduos orgânicos referem-se aos resíduos que podem ser decompostos em composto orgânico após a coleta. É composto por folhas, resíduos de alimentos e materiais de limpeza. Resíduos inorgânicos são todo o conteúdo de materiais que podem ser reciclados. É composto de papel, plástico, vidro, metal, pilhas, baterias etc. Sua decomposição na natureza leva muito tempo. O plano de coleta seletiva é composto por três etapas: planejamento, implantação e manutenção (DMAJOROVICH, 2005). Para o sucesso da empresa, várias pessoas precisam cooperar entre si, realizar um trabalho árduo e contínuo, e conscientizar as pessoas sobre a importância do plano.

O material que retorna ao ciclo de produção também pode ser denominado reciclagem. Esse é o consenso do setor de logística reversa, ou seja, o processamento de produtos, embalagens ou materiais de volta aos seus centros de produção trará retorno para a empresa (HAYDEN, 2007).

Singer (2002) afirma que, por meio da reciclagem, pode-se reaproveitar diversos tipos de materiais e convertê-los em outros materiais para economizar matéria-prima e minimizar o impacto no meio ambiente. A reciclagem tem que passar por várias etapas, começando pela separação da fonte de produção, porque se o lixo for jogado fora e todo misturado vai contaminar todos os materiais, vai ficar muito sujo, e a quantidade de uso é bem menor que se foi separado antes.

Além de proteger o meio ambiente, o processo de reciclagem também pode gerar lucros, pois os materiais reciclados podem ser vendidos ou convertidos em outras vendas, gerando empregos, pois as pessoas precisam coletar e separar os materiais e trazer um crescimento sustentável (SHERMAN, 2001).

A reciclagem é a solução de eliminação de resíduos mais viável e ecológica, pois com o crescimento populacional e o consumo populacional, a quantidade de resíduos gerados é muito grande e o armazenamento torna-se cada vez mais complicado e difícil. Existem locais adequados para construção e implantação de aterros sanitários e sua vida útil também foi encurtada (LACERDA, 2006).

Os principais materiais recicláveis encontrados no RSU são metais, aço, papel, papelão, plástico e vidro. Estes podem ser utilizados e transformados em outros materiais e outros produtos, podendo ser devolvidos ao mercado, evitando-se o uso e extração de matérias-primas na natureza (SEMA, 2005).

A gestão sustentável de resíduos sólidos é baseada nos princípios dos 3R propostos na Agenda 21: redução (uso de matérias-primas e energia e resíduos gerados na fonte), reaproveitamento direto de produtos e reciclagem de materiais (LACERDA, 2006).

A SEMA (2005) afirma que a partir da ECO 92, a política de 3Rs entrou oficialmente em vigor e foi incluída na Agenda do Século 21. Seu objetivo é reduzir o impacto negativo das atividades humanas no meio ambiente para alcançar a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados desde a prevenção (redução da fonte) até o (reuso) e a reciclagem (3R's).

A estrutura hierárquica da 3R segue o princípio de que o impacto de se evitar a geração de resíduos é menor do que a reciclagem de materiais processados. A reciclagem de materiais causa menos poluição ao meio ambiente e usa menos recursos naturais, mas o modo de produção atual raramente é questionado, e não levará à redução de resíduos ou produção de resíduos ilimitada (LOGA, 2013).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (2013), o princípio dos 3R - redução, reutilização e reciclagem, mostra uma forma de solucionar os problemas relacionados aos resíduos. Fatores relacionados a esses princípios devem ser considerados, como os ideais de prevenção e não geração de resíduos e a adoção de padrões de consumo sustentáveis voltados à conservação dos recursos naturais e controle de resíduos.

Segundo Ferreira (2011), reduzir significa consumir menos produto. Esta é a primeira e mais importante etapa do princípio 3R, pois ajuda a minimizar os custos de gerenciamento e descarte e é aplicável a qualquer grupo de resíduos. O reaproveitamento é a segunda etapa, que pode ser alcançada por meio de ações para utilizá-lo para diversas finalidades, otimizando seu aproveitamento tanto quanto possível antes do descarte final, ou mesmo retornando ao processo produtivo, com o objetivo de substituí-lo pela mesma finalidade.

A reciclagem envolve a conversão de materiais em matérias-primas para outros produtos por meio de processos industriais ou manuais. É um produto feito de materiais usados. Pode-se produzir papel reciclando papel usado. Papelão, latas, vidro e plástico também podem ser reciclados. Para facilitar a entrega de materiais pós-consumo para reciclagem, é importante separá-los no local de produção - residências, escritórios, fábricas, hospitais, escolas, etc. A destinação adequada de resíduos perigosos também requer separação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

As ações educativas ajudam a mobilizar a comunidade para uma participação efetiva e ativa na implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos e para a separação dos materiais recicláveis e/ou reutilizáveis diretamente na fonte de produção. Porém, vale ressaltar o papel da sociedade como um todo no desenvolvimento de programas de educação ambiental, que envolvam a todos nós, levando à ideia de que a reciclagem por si só não pode ser considerada uma solução, mas a mudança de hábitos e atitudes pode levar a sociedade a adotar medidas mais abrangentes, como ações para minimizar a quantidade de resíduos gerados (FERREIRA, 2011).

Dessa forma, acredita-se que a educação ambiental é um processo educacional permanente e contínuo, que tem como objetivo desenvolver uma filosofia de vida ética e moral, ser mais harmoniosa e respeitosa com a natureza e as pessoas, e proporcionar conhecimento a pessoas críticas. considerar o desempenho e a conscientização de indivíduos e grupos como a chave para a implantação de projetos de resíduos sólidos (CORTEZ; ORTIGOZA, 2009).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho possibilitou entender o contexto no âmbito dos resíduos sólidos, destacando o descarte incorreto no meio ambiente de forma inadequada, que trazem prejuízos tanto para o ambiente natural como para a população, para eliminar ou minimizar os danos causados ao meio ambiente pelos vazadouros, que são, medidas necessárias e urgentes do poder público

Observou-se que as consequências do impacto socioambiental dos resíduos sólidos causam poluição atmosférica, poluição hídrica, poluição do solo e poluição visual, e, além disso, dependendo do tipo de resíduos, podem causar doenças para população, ocasionando o dano a saúde das pessoas.

Entendeu-se que as soluções sustentáveis refletem a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais.

Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumo.

Dessa forma entende-se que o cidadão é responsável não só pela disposição correta dos resíduos que gera, mas também é importante que repense e reveja o seu papel como consumidor; o setor privado, por sua vez, fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos.

A implantação de um Plano de Gestão trará reflexos positivos no âmbito social, ambiental e econômico, pois não só tende a diminuir o consumo dos recursos naturais, como proporciona a abertura de novos mercados, gera trabalho, emprego e renda, conduz à inclusão social e diminui os impactos ambientais provocados pela disposição inadequada dos resíduos.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil** - 2012. Disponível em: < <http://www.abrelpe.org.br> >

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.- ABNT NBR n. 10.004, **Amostragem de resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014. Disponível em: <www.rbciamb.com.br/images/online/04artigo1artigos87>. Acesso em 18 de março de 2022

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Publicada no Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 ago. 2010. 2010a. Disponível em: Disponível em:< <http://www.planalto.gov.br> > Acesso em: 18/03/2022

BRASIL. Lei federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no Diário oficial da união – DOU. 05/01/2007.

BRASIL - **Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005**. Publicado no DOU nº84, de 4 de maio de 2005, seção 1, páginas 63 e 65.

CALDERONI, S. - **Os Bilhões Perdidos no Lixo** - São Paulo; Humanitas Editora/FFLCH/USP, 2007.

CALIXTO, Bruni. **85% dos brasileiros não têm acesso à coleta seletiva, mostra estudo**. 2020 Disponível em: <https://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2016/06/85-dos-brasileiros-nao-tem-acesso-coleta-seletiva-mostra-estudo.html>. Acesso em:13 de maio de 2022

CARVALHO, Bruno. **O lixo que vira energia e crédito de carbono**. 2004 Disponível em: <<http://revistaepoca.globo.com/Sociedade/o-caminho-do-lixo/noticia/2012/01/o-lixo-que-vira-energia-e-credito-de-carbono.html>>.

CUSSIOL, N. A. M. **Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde/ Fundação Estadual do Meio Ambiente**. Belo Horizonte: FEAM, 2008. 88 p.

CORTEZ, ATC., ORTIGOZA, SAG.,. **Da produção ao consumo: impactos socioambientais no espaço urbano** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

DEMAJOROVIC, J. Da Política Tradicional de Tratamento do Lixo à Política de Gestão de Resíduos Sólidos. As novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n.3, p. 88-93, 2005

FERREIRA, A. B. de H. **Dicionário da língua portuguesa**. 7 ed. Curitiba: Ed. Positivo, 2008



FERREIRA, Robson Soares. et al. Impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto de resíduos sólidos urbanos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 09, Vol. 03, pp. 51-72. Setembro de 2019. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/descarte-incorreto>

FREITAS, Eduardo. **Os problemas provocados pelo lixo**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/os-problemas-provocados-pelo-lixo.htm>. Acesso em: 13 de maio de 2022

FILHO, K. Z.; MARTINS, J, R, S, ;; PORTO, M, F, A. **Custo das enchentes urbanas. Departamento de engenharia hidráulica e ambiental, Escola politécnica da universidade de São Paulo**. PHD-2537: Águas em ambientes urbanos. São Paulo, 2011

GONÇALVES, R. C. M. A voz dos catadores de lixo em sua luta pela sobrevivência. Dissertação Mestrado Políticas Públicas e Sociedade. UFSC, 2015. Disponível em: cristinamartinsgoncalves1?tmpl=component&=raw.>Acesso em 17 de março de 2022

IPT/CEMPRE. **Lixo municipal: Manual de gerenciamento integrado**. Instituto de pesquisas tecnológicas. São Paulo: IPT 2163, 2005.

INSTITUTO AKATU. **Coleta seletiva**. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/> Acesso em 19 de abril de 2022

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004. **Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios 2004**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

LACERDA, L. Armazenagem estratégica: analisando novos conceitos. Disponível em: <http://www.cel.coppead.ufrj.br/fs-public.html>. Acesso em 18 de abril de 2022

LOGA. **Logística Ambiental de São Paulo**. Princípio dos 3R's. disponível em <http://www.loga.com.br/conteudo.CP=LOGA&PG.107>. Acesso em 19 de abril de 2022

MARQUES; M. A. P. **Saúde e bem-estar social**. Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz. p. 369-373. 2006

MONTEIRO, José Henrique Penido. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200 p.2015

MUCELIN, M. L.; BELINI, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2008. 370 p.

NAIME, R. **Lixo ou resíduos sólidos. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental**. Universidade FEEVALE, Novo Hamburgo – RS, Eco Debate, 2010. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br> >

NETO, J.T.P. **Gerenciamento do lixo urbano: aspectos técnicos e operacionais**. Viçosa, MG: UFV, 2017.

OLIVEIRA, R. M. M. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: o programa de coleta seletiva da região metropolitana de Belém - PA**. 2012.111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano)- Universidade da Amazônia, Belém.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos urbanos**. 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2011.

PORTAL RESÍDUOS SÓLIDOS. **O impacto causado pelos lixões a céu aberto**. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/o-impacto-dos-lixoes/>>

REVEILLEAU, A. C. Política Nacional de Resíduos Sólidos: aspectos da responsabilidade dos geradores na cadeia do ciclo da vida do produto. **Revista Internacional de Direito e Cidadania**, n. 10, p. 163-174 Junho/2011

SCHALCH, V. et al. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos.2002. Disponível em http://www.deecc.ufc.br/download/gestao_de_residuos_solidos_PGTA Acesso em 18 de março de 2022

SILVEIRA, Glaucia Ribeiro. Miranda, Jean Carlos. Lixo: Grave Problema Ambiental. **Revista EA**. Disponível em: <http://revistaea.org/pf.php?idartigo=2336>

SINGER, P. **A recente ressurreição da Economia Solidária no Brasil**. In Santos, B.S. (ORG.) Produzir para viver. Os caminhos da produção não capitalista. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira. p 81-126, 2002.

SOUTO, Ana. **Consequências do descarte incorreto de resíduos**. Disponível em: <https://pt.khanacademy.org/science/5-ano/materia-e-energia-sustentabilidade/descarte-de-resduos/a/consequencias-do-descarte-incorreto-de-residuos>. Acesso em: 13 de maio de 2022

TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Controle Ambiental de Resíduos**. In: PHILIPPI JR., Arlindo, ROMÉRO, Marcelo de Andrade, BRUNA, Gilda Collet (editores). Curso de Gestão Ambiental. Barueri, SP: Manole, 2004. p.155-211.



CAPÍTULO 4

O IMPACTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MEIO AMBIENTE

THE IMPACT OF SOLID URBAN WASTE ON THE ENVIRONMENT

José Wellington Bezerra Viana Júnior¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O acelerado processo de transformação que vive a sociedade contemporânea traz grandes consequências ambientais, até recentemente, todos como o governo e toda a sociedade têm dado maior atenção a esse tema. A dificuldade de gerenciamento de resíduos consiste em duas partes como a grande quantidade de resíduos gerados e sua composição. O descarte do lixo é hoje um dos grandes problemas ambientais, pois o volume de resíduos sólidos tem sofrido um aumento considerável em muitos países. A poluição do solo mudará suas propriedades físicas e químicas, representará uma séria ameaça à saúde pública e tornará o meio ambiente propício ao desenvolvimento de disseminadores de doenças. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi analisar os impactos ambientais gerados pelo descarte pelos resíduos sólidos. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Além disso, observou-se que a implementação de soluções sustentáveis tem um papel fundamental para o equacionamento dos impactos que os resíduos sólidos domiciliares provocam no ambiente e na saúde dos cidadãos. Para o sucesso dos programas é necessário promover a mobilização para a participação dos cidadãos na separação dos seus resíduos.

Palavras-chave: Resíduos de Sólidos, Impacto ambiental, Sustentabilidade.

Abstract

The accelerated process of transformation that contemporary society is experiencing has major environmental consequences, until recently, everyone, such as the government and society as a whole, has paid greater attention to this issue. The difficulty of waste management consists of two parts such as the large amount of waste generated and its composition. Garbage disposal is now one of the major environmental problems, as the volume of solid waste has increased considerably in many countries. Soil pollution will change its physical and chemical properties, pose a serious threat to public health, and make the environment conducive to the development of disease-spreaders. In this context, the objective of the work was to analyze the environmental impacts generated by the disposal of solid waste. 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 environmental engineering. In addition, it was observed that the implementation of sustainable solutions plays a key role in addressing the impacts that household solid waste causes on the environment and on the health of citizens. For the success of the programs it is necessary to promote the mobilization for the participation of citizens in the separation of their waste.

Keywords: Solid Waste, Environmental impact, Sustainability.



1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de transformação que vive a sociedade contemporânea traz grandes consequências ambientais, até recentemente, todos como o governo e toda a sociedade têm dado maior atenção a esse tema. A dificuldade de gerenciamento de resíduos consiste em duas partes como a grande quantidade de resíduos gerados e sua composição.

Se o resíduo for descartado sem nenhum tratamento, isso afetará o solo, a água ou o ar, então o descarte de lixo se tornou um problema que causa danos e poluição ao meio ambiente em escala global. A poluição do solo mudará suas propriedades físicas e químicas, representará uma séria ameaça à saúde pública e tornará o meio ambiente propício ao desenvolvimento de disseminadores de doenças.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá demonstrar que o impacto da má gestão dos resíduos sólidos causa poluição atmosférica, poluição hídrica, poluição do solo e poluição visual, e, além disso, dependendo do tipo de resíduos, podem causar doenças para população, ocasionando o dano a saúde das pessoas.

Nota-se que a crescente geração de resíduos urbanos acontece em decorrência da produção e do consumo excessivo de produtos industrializados, que na sua maioria são depositados ao ar livre ou em locais onde não é permitida a sua deposição, proporcionando assim, sérios problemas ambientais. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: quais os danos que podem ser causados ao meio ambiente caso os resíduos sólidos sejam descartados em locais indevidos?

No objetivo geral do presente estudo analisar os impactos ambientais gerados pelo descarte pelos resíduos sólidos. Além dos objetivos específicos que são conceituar os resíduos sólidos; identificar os impactos gerados pelos resíduos no meio ambiente e apresentar a prevenção e minimização da contaminação dos resíduos gerados pelos resíduos sólidos por meio de alternativas sustentáveis.

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 e Sustentabilidade (REES), 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 20 anos, na língua portuguesa.

Diante do exposto o trabalho encontra-se dividido em três capítulos. No primeiro capítulo descreve sobre a definição e caracterização dos Resíduos Sólidos. No segundo capítulo aborda-se sobre impacto gerados pelos Resíduos Sólidos e que oferecem um risco maior para o meio ambiente e a população. No terceiro capítulo apresenta a prevenção da contaminação ambiental a partir de alternativas sustentáveis.

2. CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1 Resíduos sólidos urbanos (RSU)

Veiga (2014) diz que o rápido crescimento da destruição ambiental tem frequentemente ultrapassado a capacidade de suporte da terra, resultando em inúmeros desequilíbrios, dificultando a implementação de medidas preventivas em diferentes setores da sociedade. As sociedades em nível global, nacional e local, independentemente de seu poder de compra, são todas afetadas pela degradação ambiental, especialmente as pessoas mais pobres, cuja saúde e bem-estar são afetados de várias maneiras.

Queiroz (2010) explica que as necessidades da sociedade moderna são responsáveis por certas mudanças no meio ambiente. Os resultados desse processo podem ser observados por meio de mudanças climáticas, poluição do ar e concentrações crescentes de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A acumulação de mercadorias imposta pelo próprio modo de produção requer aumento contínuo na aquisição de produtos de consumo, e o intervalo de troca de novas mercadorias está cada vez mais curto.

O uso e ocupação desordenados do solo e as mudanças nas condições naturais em escala global são diretas ou indiretamente afetadas pelo ser humano. Eles podem alterar as condições originais do meio ambiente e produzir subprodutos como resíduos sólidos. Este é o tema de muitos estudos atuais. Vale a pena prestar atenção e compreender suas mudanças no meio ambiente, especialmente no ambiente urbano (PHILIPPI JUNIOR et al., 2014)

Milaré (2014) declara ainda que o problema da gestão de resíduos sólidos está se tornando cada vez mais complexo porque reflete o estágio atual da civilização: crescimento populacional descontrolado, aumento da concentração urbana, diversidade de atividades comerciais e industriais, demanda por insumos, especialmente substituição de padrões de consumo e bens ambientais e serviços incompatíveis com a restauração natural.

No Brasil, entre as décadas de 1940 e 1970, os resíduos sólidos passaram a incorporar as discussões do governo. Esse período foi caracterizado por elevadas taxas de crescimento populacional e migração em grande escala para os centros urbanos, principalmente nas capitais e regiões metropolitanas, quando faltava infraestrutura de resíduos e serviços públicos adequados (NETO, 2013). O tema continuou a ser discutido e debatido na conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro em 1992 porque leva diretamente ao aquecimento global e às mudanças climáticas (JACOBI, 2011).

De acordo com a NBR 10004 os resíduos sólidos e semissólidos originados das atividades de indústria, residências, hospitais, comércio, agricultura, serviços e atividades de limpeza ficam incluídos no sistema de tratamento de água aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

No Brasil, o tema é discutido sob múltiplas perspectivas e introduz em diversas áreas do conhecimento: saneamento básico, processos ambientais, sociais e econômicos



de classificação e reciclagem de materiais inclusivos e aterros de gás-energia, que ainda estão engatinhando recentemente. Encontrar soluções para a destinação final de resíduos sempre foi um grande desafio para minimizar a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos (ALCANTARA, 2007).

Os serviços de gestão de resíduos sólidos incluem coleta, limpeza pública e destinação final desses materiais, que têm grande impacto no orçamento da gestão municipal, chegando a 5% a 15% das despesas municipais. Quanto menor o município, menor é a parcela do orçamento (CEPIS, 2005).

2.2 Classificação dos resíduos sólidos urbanos

Os resíduos podem ser considerados de acordo com a origem, características físicas, composição química, patogenicidade, toxicidade e perigo (QUEIROZ, 2010). Existem várias maneiras de classificar os resíduos sólidos. No entanto, a Norma ABNT 10004/2004 classifica os resíduos como perigosos e não perigosos.

2.2.1 Quanto à periculosidade

Barros (2012) explica que quanto a periculosidade os resíduos podem ser entendidos como as suas propriedades físicas, químicas ou infecciosas, que podem representar um risco para a saúde pública. Conforme a NBR 1004/2004 entende a toxicidade como a característica potencial de substâncias tóxicas que devem causar mais ou menos efeitos adversos devido à sua interação com organismos (ABNT, 2004).

Para os resultados de especificação a NBR 10004/2004 divide os resíduos da seguinte maneira: mesma regra especifica os resíduos de acordo com o grau de periculosidade, e subdivide-os da seguinte forma de acordo com ABNT (2004):

- Resíduos Classe I - Resíduos Perigosos: Possuem as seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, patogenicidade, toxicidade ou reatividade. E suas propriedades físicas, químicas ou infecto-infecciosas podem representar riscos à saúde pública ou ao meio ambiente. Para resíduos designados como Categoria I. Para que um resíduo seja apontado como classe I, ele deve estar contido nos anexos A ou B da NBR 10004 (ABNT/NBR, 2004).
- Resíduos Classe II – não perigosos, não inertes: Aqueles que não se encaixam nas especificações de resíduos classe I ou resíduos classe II B - Inertes. Os resíduos classe II A – não se movimentam podem ser caracterizados por expor elementos como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Os Resíduos Classe II B– não perigosos, inertes: conforme a ABNT NBR 10007 (1990), ao amostrar de forma representativa e em contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada à temperatura ambiente, conforme a ABNT NBR

10006 não contém nenhum resíduo conforme a NBR 10004 (ABNT, 2004). Apêndice G, dissolvido em concentração superior ao padrão para água potável, exceto em aparência, cor, turbidez, dureza e sabor.

2.2.2 Quanto à origem

A Lei nº 12.305/10, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), inclui meios essenciais para que o país siga em frente no combate das relevantes consequências ambientais, sociais e econômicas causados pela gestão insuficiente dos resíduos sólidos. O artigo 13 promove a especificação dos resíduos sólidos de acordo com a origem ou perigo (AMADO, 2012).

O lixo doméstico é produzido em menor escala do que o lixo industrial, e esse material é oriundo das atividades domésticas de domicílios urbanos. Seus elementos são extremamente diversos e inclui plásticos em geral (embalagens, recipientes etc.), restos de comida e materiais estragados, vidro, papel e materiais sanitários (papel higiênico, fraldas etc.) (NETO, 2003).

Lixo de limpeza urbana é de responsabilidade do município, responsável pela coleta de menos de 50 kg / dia. Eles se originam da varredura, limpeza de ruas e locais públicos e outros serviços de limpeza urbana. Esses resíduos consistem em folhas, solo varrido, galhos etc. Na coleta desses resíduos também podem ser encontradas substâncias que não são adequadas para a classificação da substância, tais como: pneus, entulhos etc (PHILIPPI JUNIOR et al., 2014).

Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços são despejos gerados por atividades comerciais, incluindo: restaurantes e lanchonetes. Esses resíduos incluem muitos materiais de escritório, papel, papelão, plástico, embalagens em geral etc. Não estão incluídos nesta categoria os resíduos das seguintes origens: limpeza urbana, saneamento básico, serviços de saneamento, engenharia civil e serviços de transporte.

2.3 Origem e composição dos resíduos sólidos urbanos

Os Resíduos sólidos em sua definição englobam resíduos comerciais, domiciliares, resíduos de serviços de saúde dentre outras atividades. Portanto podem ser todos os materiais que restam de qualquer das atividades humanas, normalmente na forma sólida, constituindo uma massa heterogênea de descartes, em geral formada pelos mais distintos componentes físicos, como papeis, cascas e sobras de alimentos, todo tipo de embalagens, vidros e latas de refrigerantes e bebidas, pneus, carcaças de automóveis e de eletrodomésticos, espumas ou até material radioativo (JUNIOR, 2006).

Esses materiais são produzidos na área de saúde e serviços similares, conforme definido em regulamentos ou normas estabelecidas pelos órgãos SISNAMA e SNVS. Resíduos relacionados à saúde humana ou animal, incluindo atendimento domiciliar e serviços de

trabalho de campo, podem ser classificados como resíduos de serviços de saúde; laboratórios de análise de produtos de saúde, necrotérios, casas funerárias, farmácias (KONAMA, 2005).

Jacobi (2011) explica que os motivos econômicos, sociais, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e jurídicos prejudicam o procedimento do desenvolvimento de resíduos em termos de medida e formação. Essa caracterização pode ser denominada em qualquer fase do manejo (desde a elaboração até a aplicação final). Dependendo da época de amostragem, a caracterização pode variar dependendo do método de geração, tecnologia de manejo ou procedimento aplicado na disposição final.

Além disso, será afetado por microrganismos em decomposição e condições ambientais, que promoverão a conversão de seus componentes e liberarão emissões de gases e líquidos (JUNIOR, 2006). A qualidade dos resíduos apresenta alto grau de heterogeneidade do material e a classificação pode ser inicialmente dividida em materiais orgânicos e inorgânicos para posterior subdivisão (TCHOBANOGLIOUS et al., 2003).

As características físicas são a base da gestão dos resíduos sólidos, desde o tamanho da unidade de tratamento, a utilização da melhor tecnologia de tratamento até a configuração e operação do local de disposição final (BARROS, 2012).

De acordo com a NBR 10.004, os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com suas características. Os mais importantes incluem geração de energia per capita, composição de peso, gravidade específica aparente, teor de umidade, capacidade de campo, tamanho de partícula, temperatura e compressibilidade (ABNT, 2004):

1. Geração per capita: A geração de energia per capita é função da quantidade de resíduos gerados e do número de moradores. Em geral é contado os valores todos os dias, que podem ser deduzidos de dados locais, regionais ou nacionais (BARROS, 2012).
2. Composição Gravimétrica: A porcentagem de cada componente em relação ao peso total da amostra. Varia de acordo com as características socioculturais da região (BOSCOV, 2008). Dependendo do nível de detalhamento necessário para a pesquisa, o tipo de resíduo pode variar, podendo ser dividido em resíduo orgânico, plástico, papel, papelão, vidro e metal;
3. Peso específico aparente: depende principalmente da composição do peso do resíduo. É a relação entre o peso do resíduo (kg) em função do volume livre ocupado sem qualquer compactação, expresso em kg / m³. A sua determinação é a base para determinar o tamanho dos equipamentos e instalações (BARROS, 2012);
4. Teor de Umidade: O conteúdo de umidade pode ser definido pela relação entre a massa úmida (massa total de sólidos e líquidos) e a massa seca (massa seca de sólidos). Este parâmetro é crítico para avaliação de resíduos, pois afeta diretamente a taxa mecânica, química e de degradação. Firmo (2013). Varia com a composição gravimétrica, profundidade de deposição, precipitação e condições de drenagem dentro e na superfície da parcela (BOSCOV, 2008). O teor de umidade varia de acordo com a estação do ano e a incidência de chuvas;

3. IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS

As cidades são os esforços materializados dos seres humanos para se apropriar e transformar a natureza. Nas áreas urbanas, o “ambiente natural” é cada vez mais suprimido, o que não é propício ao desenvolvimento econômico. Esses fatores, combinados com a concentração e a desigualdade de renda, têm consequências que podem levar à degradação ambiental, instabilidade e insegurança social, condições precárias de moradia, oferta inadequada de infraestrutura, serviços urbanos e declínio da qualidade de vida da população (NUNES, 2002).

Uma vez que as questões sociais urbanas e as questões ambientais urbanas estão indissociavelmente ligadas, é necessário promover dinâmicas sociais e econômicas, bem como reduzir o impacto ambiental dos espaços urbanos. Segundo Pires (2000, p.213):

Há a necessidade de desenvolver soluções para os impactos ambientais por meio de um planejamento integrado, equilibrando as dinâmicas sociais, econômicas, culturais, políticas e ambientais dentro do espaço por meio da participação efetiva das comunidades que se deparam com essas questões em seu cotidiano.

Evidências empíricas sobre o impacto negativo das ações humanas sobre o meio ambiente têm colocado em questão as formas atuais de gestão da relação do homem com a natureza, provocando debates sociais em torno dos conflitos ambientais (SACHS, 2010).

3.1 Lixo urbano

O sistema dos aterros sanitários viabiliza a captação de determinados materiais que na queima, liberam na atmosfera gases tóxicos e poluentes prejudiciais à saúde, afetando a qualidade de vida das pessoas e prejudicando os recursos naturais das gerações futuras. Políticas que incentivam o reaproveitamento de resíduos por meio de campanhas de conscientização e programas educativos têm se mostrado uma alternativa viável, como fonte de emprego e geração de renda para comunidades carentes, além de reduzir os volumes globais de resíduos (LIRA, 2009).

A análise de risco ambiental deve ser vista como um indicador dinâmico da relação entre sistemas naturais, estruturas de produção e condições sociais de reprodução humana em um local e tempo específicos (EGLER, 2016).

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, envolve uma necessária articulação com a produção de sentidos sobre a educação ambiental. A dimensão ambiental configura-se crescentemente como uma questão que envolve um conjunto de atores do universo educativo, potencializando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa perspectiva interdisciplinar (SANCHES, 2010).

Vilhema (2000) explica que o tema da sustentabilidade se confronta com o paradigma



da “sociedade de risco”. Isso implica a necessidade de se multiplicarem as práticas sociais baseadas no fortalecimento do direito ao acesso à informação e à educação ambiental em uma perspectiva integradora. E demanda aumentar o poder das iniciativas baseadas na premissa de que um maior acesso à informação e transparência na administração dos problemas ambientais urbanos pode implicar a reorganização do poder e da autoridade.

A contaminação do solo acontece pela percolação de líquidos provenientes da decomposição dos resíduos, liberação de gases na atmosfera, presença de animais, presença de coletores e risco de incêndio causado pelos gases produzidos pela decomposição dos resíduos, devido à formação de grandes pilhas de resíduos, não há normas técnicas, ou seja, consiste em formas inadequadas e ilegais de disposição de resíduos sólidos (LIRA, 2009, p.83).

Segundo Santos (2004), o impacto ambiental inclui qualquer alteração na qualidade do meio ambiente, que seja causada por alterações nos processos naturais ou sociais causadas pelo comportamento humano, alterações acentuadas nos componentes ambientais bióticos e abióticos.

Uma mudança em uma ou mais propriedades ambientais em um determinado espaço como resultado de alguma atividade humana. Assim, a presença ou ausência de impactos ambientais está diretamente relacionada ao uso e ocupação do solo, cuja extensão e magnitude estão basicamente relacionadas aos determinantes naturais e à forma como o homem ocupa os recursos naturais (SANTOS 2004 p.189).

Pesquisadores como Rodrigues (2018) e Sousa (2002); destacam os problemas ambientais causados pela relação homem e natureza no processo de urbanização, como enchentes, poluição do ar, falta de saneamento, doenças, ozônio efeito estufa e chuva ácida. Segundo Leff (2001, p.9), isso deve ser entendido como resultado da ação global da sociedade: “A degradação ambiental, o risco de colapso ecológico e o aumento da desigualdade e da pobreza são sinais poderosos da crise da globalização.

Sobre a problemática ambiental Rodrigues (2018, p.93), escreve que,

[...] as questões ambientais passaram a fazer parte das agendas nacionais e internacionais, como se viu na Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos - Workshop Preparatório Habitat II, em Istambul. Nessas oficinas, que enfatizaram as questões habitacionais no meio urbano, os trabalhadores apontaram a necessidade de (re)pensar questões de qualidade de vida, oferta e infraestrutura para equipamentos de consumo coletivo, políticas públicas e, em suma, o ambiente urbano.

As sociedades urbanas exploram os recursos naturais, a produção e o consumo de diversas formas, resultando no aumento da quantidade de resíduos sólidos gerados. Portanto, à medida que a população urbana cresce, cresce também a geração de resíduos sólidos e questões urbanas como a identificação de locais apropriados para descarte de resíduos.

Existem vários métodos de triagem de resíduos, como ressalta D'Almeida; Vilhena (2000, p. 29):

se o resíduo é seco ou úmido depende de suas propriedades físicas, e de acordo com sua composição química é dividido em orgânico e inorgânico. Os resíduos são ainda classificados de acordo com sua origem: doméstico, comercial, varrição e feirantes, serviços de saneamento e hospitalar, agroindústria e entulho.

O lixo doméstico é o lixo que se origina da vida diária das famílias. Esses resíduos incluem restos de alimentos, embalagens em geral, resíduos de limpeza e uma grande variedade de outros itens, mesmo aqueles considerados tóxicos, como baterias, solventes, lâmpadas fluorescentes e muito mais (CEARÁ, 2013, p. 18).

Rodrigues (2018, p.145) as embalagens são de responsabilidade do país, mas o destino final é de responsabilidade da autarquia, neste caso o município. Nesse tipo de lixo, há falta de coleta regular e falta de orientação sobre como destinar os recursos comuns para coleta e destinação do lixo.

O lixo doméstico é o lixo que se origina da vida diária das famílias. Esses resíduos incluem restos de alimentos, embalagens em geral, resíduos de limpeza e uma grande variedade de outros itens, mesmo aqueles considerados tóxicos, como baterias, solventes, lâmpadas fluorescentes e muito mais (CEARÁ, 2013, p. 18).

Schalch (2003) Os resíduos comerciais são provenientes de estabelecimentos comerciais e de serviços como escritórios, lojas e hotéis. Geralmente é encontrado com alta frequência em papéis e embalagens. A responsabilidade pela recolha e eliminação é da autarquia, quando o peso for inferior a um determinado peso (normalmente inferior a 50kg), e quando o ultrapassar, da instituição.

3.2 Impactos negativos no meio ambiente

A geração de resíduos é inevitável, e por conta disso, eles se tornaram um grande problema na sociedade. O crescimento populacional e a expansão urbana, o consumo de produtos industrializados também levaram a um aumento significativo de resíduos. O maior desafio é gerenciar adequadamente esses resíduos, devidamente acondicionados, coletados e destinados para reduzir o impacto negativo no meio ambiente.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente considera-se impacto ambiental toda alteração nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por quaisquer formas de matéria ou energia produzida pela atividade humana (CONAMA, 2016):

- A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- As atividades econômicas;

- A biota e as qualidade dos recursos ambientais;
- As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente.

A má gestão dos resíduos sólidos urbanos afeta todos os projetos mencionados Resolução CONAMA 001/86. Os efeitos dessa má gestão podem estar relacionados a:

- Impactos Ambientais que podem se tornar irreversíveis a exemplo da contaminação do solo, do ar e dos recursos híbridos (subterrâneos e superficiais);
- Prejuízos à saúde pública, pois estes locais podem se tornar focos de proliferação de vetores transmissores de uma série de doenças, como ratos, baratas e moscas, etc;
- Prejuízos na economia da região devido à desvalorização das áreas situadas no entorno do local de disposição dos resíduos;
- Grande degradação ambiental devido a destinar áreas para disposição dos resíduos;
- O manejo inadequado dos resíduos sólidos urbanos contribui para ocorrência de inundações e deslizamentos de encostas em áreas urbanas.

Segundo a Universidade Federal de Viçosa (2000), a maior responsabilidade pelos problemas de saúde é a presença da parte orgânica dos RSU. Esses resíduos entram em franco processo de decomposição quando processados a céu aberto sem tratamento prévio. De fato, na maioria dos casos, ocorre decomposição anaeróbica, formação de gases e produção de lixiviados, que possuem propriedades acidificantes. Esses lixiviados, por sua vez, entram em contato com tintas, resinas e vernizes em embalagens plásticas, metálicas e de papel, além de outras substâncias presentes em resíduos heterogêneos, que contêm diversas substâncias tóxicas com altas cargas orgânicas e diversos metais pesados .

Muitas doenças podem ser evitadas se os resíduos sólidos forem manuseados e descartados de forma correta, e vários microrganismos são encontrados nesses resíduos, que, devido ao mau manejo, podem prejudicar a saúde humana contaminando o solo e os lençóis freáticos. A Tabela 01 abaixo lista alguns microrganismos transmissores de doenças e sua longevidade nos resíduos.

Organismos	Tempo de Sobrevivência
Mycobacterium tuberculosis	150 – 180 dias
Salmonella SP.	29 -70 dias
Leptospira interrogans	15 – 43 dias
Coliformes fecais	35 dias
Vírus da Hepatite B (HBV)	Algumas semanas
Pólo Vírus – Pólio tipo 1	20 – 170 dias
Enterovírus	20 – 70 dias
Vírus da imunodeficiência humana (HIV)	3 – 7 dias

Tabela 1 - Tempo de sobrevivência de alguns organismos encontrados nos resíduos sólidos
Fonte: OMS (2013)

Como já mencionado neste estudo, a inadequação e falta de tratamento dos resíduos sólidos urbanos tem um grande impacto negativo no meio ambiente, conforme mostra a Figura 01.



Figura 1- Aterro controlado
Fonte: Morais (2000)

Muitos materiais levam muito tempo para se decompor e se a coleta seletiva e a reciclagem fossem implementadas reduziria bastante a quantidade de resíduos enviados para este aterro, por exemplo. A Tabela 02 abaixo mostra os tempos de decomposição de alguns materiais, que podem variar de acordo com o tipo de material, ou seja, sua composição química.

Materiais	Tempo de decomposição
Papel	De 3 a 6 meses
Panos	De 6 meses a 1 ano
Filtro de cigarro	Mais de 5 anos
Madeira pintada	Mais de 13 anos
Metal	Mais de 100 anos
Alumínio	Mais de 200 anos
Plástico	Mais de 400 anos
Vidro	Mais de 1.000 anos
Borracha	Indeterminado

Tabela 2- Tempo de decomposição de alguns materiais
Fonte: IDEA (2019)

O resíduo não impacta diretamente negativamente o meio ambiente, o maior problema é a sua destinação final, a tabela acima mostra quando o resíduo se decompõe, quanto material é descartado que pode ser reciclado ou reaproveitado, desta vez a composição química é variável.

Descarte inadequado de resíduos sólidos urbanos, o fato de 22% das 230.000 toneladas de resíduos produzidos no Brasil a cada ano serem despejados a céu aberto ou lixões, segundo dados de saneamento básico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE) em 2000. um dos maiores problemas a serem enfrentados pela gestão municipal, principalmente por serem áreas que geram e desenvolvem doenças, odores desagradáveis e diversos vetores como insetos e roedores (NUNES, 2002).

Dentre os diversos problemas ambientais existentes, os resíduos sólidos se tornaram um dos maiores desafios da atualidade. Reduzir a quantidade de doenças direta ou indiretamente de resíduos sólidos depende de coleta eficiente e disposição final adequada.

4. PREVENÇÃO E MINIMIZAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para gerenciar adequadamente os resíduos sólidos urbanos e reduzir seu impacto no meio ambiente, é necessário enviá-los para a destinação correta. Para que este seja o destino correto, é necessário separá-los e embalá-los adequadamente e recolhê-los individualmente. A coleta é uma importante ferramenta para reduzir a quantidade de resíduos descartados em aterros sanitários que podem ser reciclados e reaproveitados, prolongando assim sua vida útil.

4.1 Coleta seletiva

Os municípios são responsáveis pela coleta e destinação final dos resíduos urbanos, sejam eles domésticos ou de qualquer outra atividade que produza resíduos com características domésticas, bem como os resíduos da limpeza pública municipal (GOLLO et al., 2010). O método de acondicionamento do lixo doméstico é responsabilidade de todos, portanto, para implantar a coleta seletiva, deve-se contar com a ajuda da sociedade.

Conforme a Lei 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos conceitua a coleta seletiva como a recolhida é diferenciada de resíduos sólidos previamente selecionados de fontes geradoras com o objetivo de destiná-los à reciclagem, compostagem, reaproveitamento, tratamento e outras destinações alternativas como aterros sanitários, coprocessamento e incineração (ABNT, 2010).

A prática de separar os resíduos orgânicos (cascas, restos de alimentos, etc.) dos resíduos inorgânicos (papel, papelão, vidro, plástico, etc.) Potencial para reaproveitamento e comercialização.

4.2 Modalidades da coleta seletiva

Segundo Peixoto et al. (2015) existem modalidades de realizar a coleta seletiva, porta e porta e nos postos de entrega voluntária:

Postos de entregas voluntárias: conhecidos como PEVs, conjunto de caçambas devidamente identificadas para receber materiais previamente selecionados pelo gerador de resíduos. São instalados em pontos estratégicos de alto tráfego e de fácil acesso. As cores usadas para identificar os recipientes para o descarte do material são azul (papéis), vermelho (plásticos), amarela (metais) e verde (vidros), é utilizado PEV para resíduos orgânicos que é simbolizado pela cor marrom e pode ser enviado para compostagem. A Tabela 3 mostra as vantagens e desvantagens desta modalidade.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Facilita a coleta.	Reduz a adesão e quantidade de recicláveis separados.
Reduz custos com transportes.	Sujeito a vandalismo.
Promove maior senso de cidadania.	Exige manutenção e limpeza.
Melhor qualidade dos materiais.	Não permite identificar a adesão ao programa.
Menor Quantidade de rejeitos cerca de 5%.	
Maior visibilidade, permitindo eventuais patrocínios.	

Tabela 3: Vantagens e Desvantagens do PEV's
Fonte: IDE (2010)

Coleta Seletiva Porta a Porta: Nesta modalidade, os veículos com coletores trafegam em vias públicas coletam os resíduos previamente manuseados em frente às portas residenciais, comerciais e industriais em dias específicos (IDEA, 2010). A tabela 4 mostra as vantagens e desvantagens desta modalidade

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Facilita a participação e maior adesão e maior volume de recicláveis.	Maior estrutura de coleta (transporte e equipe) e de triagem.
Separação mais simples.	Maior quantidade de rejeitos.
Dispensa o deslocamento.	
Agiliza a descarga nos locais de triagem.	
Permite identificar quem aderiu.	

Tabale 4: Vantagens e Desvantagens coleta porta a porta
Fonte: Fórum Estadual Lixo (2015)

É importante perceber que não existe um procedimento de coleta seletiva universal que se aplique a todas as situações. Cada cidade tem suas próprias características e condicionantes, e as decisões sobre programas de coleta seletiva devem ser estudadas (PEIXOTO et al., 2015).

4.3 Importância da implantação da coleta seletiva

De acordo com Peixoto et al., (2015) a principal função da coleta seletiva é reduzir a quantidade de resíduos recicláveis enviados para aterro, reduzindo assim o impacto am-

biental negativo no meio ambiente. Ao realizar a coleta seletiva, os custos ambientais e econômicos podem ser bastante reduzidos, assim como os benefícios sociais:

1) Custos Ambientais:

- Aumento da vida útil dos aterros;
- Educação e conscientização ambiental da população;
- Melhoria das condições ambientais;
- Preservação dos recursos naturais.

2) Custos Econômicos:

- Redução dos custos com tratamento e disposição final dos resíduos;
- Diminuição de gastos com remediação de áreas degradadas pela inadequada disposição em lixões clandestinos;
- Diminuição de gastos com limpeza pública municipal;

3) Benefícios Sociais:

- Geração de emprego e renda para catadores de recicláveis;
- Resgate social de indivíduos, por meio do incentivo à criação de associações e cooperativas de catadores;
- Melhoria nas condições de saúde pública.

4) Melhoria nas condições de saúde pública:

- A coleta seletiva é essencial para resolver a questão de excesso de resíduos enviados a uma destinação, mas para que existam resultados satisfatórios é necessária a reciclagem, compostagem e outras formas de melhorias ao ambiente através de redução da quantidade de resíduos.

4.4 Tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos

4.4.1 Vazadouro a céu aberto

Os lixões a céu aberto, comumente conhecidos como lixões, são os que têm maior impacto sobre o meio ambiente e as pessoas nas imediações. Trata-se de um método de disposição de resíduos diretamente no solo sem nenhum processo de controle, evitando a contaminação de lençóis freáticos e cursos d'água por meio de chorume. O lixiviado é proveniente da decomposição anaeróbica de frações orgânicas contidas no material de descarte, resultando na liberação de gases voláteis ricos em enxofre (S), amônia (NH₄), dióxido de carbono (CO₂), etc., que são poluentes, alguns dos quais são benéficas à combustão (SOARES; SALGUEIRO; GAZINEU, 2007)

4.4.2 Aterro Controlado

O aterro controlado não é considerado uma forma adequada de disposição de resíduos, pois questões ambientais como a poluição da água, do ar e do solo não podem ser evitadas, pois se limitam basicamente à cobertura de resíduos onde todos os recursos não são usados. Engenharia e saneamento para evitar a contaminação do meio ambiente. No entanto, oferece uma opção melhor do que um aterro sanitário, pois minimiza os riscos da disseminação de agentes higiênicos, evita a propagação de odores, animais nocivos, combustão espontânea de bactérias anaeróbicas e controla a entrada e saída de pessoas (OLIVEIRA, 2006).

4.4.3 Aterro Sanitário

Conforme definido a Sociedade Americana dos Engenheiro Civis, um aterro sanitário é definido como uma técnica para a disposição final de resíduos sólidos no solo sem causar qualquer dano ao meio ambiente ou causar danos ou perigo à saúde e segurança pública (ASCE, 2006).

Nos aterros, os resíduos são colocados em valas, rampas ou áreas - dependendo das condições do relevo, profundidade do lençol freático, área disponível e material de cobertura etc. - e cobertos diariamente após compactação com escavadeiras. Impermeabilize o solo com 50 cm de argila compactada e filme plástico antes de colocar a cama para evitar que o chorume contamine o lençol freático. Gases (metano, CO₂, dioxinas etc.) também são produzidos na composição da matéria orgânica, descarregados e queimados na saída de exaustão do coletor de gases. Esses drenos consistem em tubos de concreto com 20 cm de diâmetro, preenchidos ou não com brita, com outros tubos sobrepondo-se a esses tubos à medida que o aterro cresce (OLIVEIRA, 2006).

4.4.4 Incineração

Ao final de sua vida útil, os aterros sanitários podem ser utilizados por abertura de células para retirada de materiais bioestáveis ou em outros contextos como: áreas de lazer e praças (SOARES, SALGUEIRO, GAZINEU, 2007).



É amplamente utilizado em países desenvolvidos, onde a indisponibilidade da região, o alto custo de mão de obra qualificada e a possibilidade de grandes investimentos iniciais justificam a automação de processos e a adoção de operações sofisticadas de controle de poluição. Isso ainda não é uma realidade em países em desenvolvimento, onde a aplicabilidade da incineração é limitada a determinadas situações, principalmente resíduos perigosos e médicos, pois trata-se de um tratamento para resíduos altamente persistentes, tóxicos e altamente inflamáveis e óleo, agrotóxicos halogenados e diversos fármacos (LIBÂNIO, 2002).

4.4.5 Reciclagem

A reciclagem é um conjunto de tecnologias que tem como finalidade aproveitar os resíduos e reaproveitá-los no ciclo produtivo a partir do qual são produzidos, de forma que a reciclagem possa retornar ao local de origem na forma de matérias-primas que não se degradam, ou seja, tornam-se lixo ou no lixo Material. Esses materiais são transferidos, coletados, separados e processados e, em seguida, utilizados como matéria-prima para a produção de novos produtos. O objetivo da reciclagem é utilizar os resíduos para criar novos produtos, iguais ou diferentes daqueles que os produziram (SOARES, SALGUEIRO, GAZINEU, 2007).

Por meio da coleta seletiva, os recicláveis são separados por população, mesmo dentro dos domicílios. A coleta individual do material é realizada por caminhões da prefeitura na própria residência, ou pelos moradores no ponto de entrega, ou seja, Ponto de Entrega Voluntária (PEV), baldes azuis para papel, amarelo para metal, verde para vidro, vermelho para plástico, colocados em locais públicos (OLIVEIRA, 2006).

4.4.6 Compostagem

A compostagem é uma ferramenta na qual a matéria orgânica é decomposta ecologicamente para produzir composto que pode ser usado como fertilizante. Pereira; Campos e Blundi (2019) definem a compostagem como um processo aeróbico controlado, desenvolvido por uma microflora mista, em diferentes estágios: o primeiro estágio é a reação de oxidação bioquímica mais intensa, principalmente termofílica, o segundo estágio é o estágio de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

O tempo de compostagem depende do processo utilizado, tipicamente 25 a 35 dias para a primeira etapa e 30 a 60 dias para a segunda etapa, dependendo do tipo de material a ser compostado (MEIRA, CAZZONATO, SOARES, 2003).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, o problema dos resíduos sólidos abrange diversas áreas que estão direta-

mente relacionadas à qualidade de vida da população e aos princípios da sustentabilidade, pois o consumo responsável leva a uma redução significativa na quantidade de resíduos gerados.

Contatou-se que grande parte da descoberta acontece nos mínimos detalhes, seja na etapa de preparação do projeto, em andamento, revisão e prevenção ou como a melhor opção, ou seja, o impedimento de avançar na etapa do projeto é fundamental. Anormalidades patológicas criadas pela umidade são normais no sear da construção civil e podem levar a algumas irregularidades que acarretam altos custos de reparo e correção, que podem ser evitados por meio de procedimentos preventivos.

Ainda nesse sentido, faz-se necessário entender as complexidades associadas aos resíduos sólidos e vale destacar aqui questões sociais (muitas pessoas dependem dos resíduos para sua sobrevivência), questões econômicas (por exemplo, geração de renda envolvida no trabalho de catadores) e questões ambientais.

Concluiu-se que os pontos de entrega voluntária foram um meio eficaz de prática da coleta seletiva, embora necessário, foi um esforço de divulgação abrangente que atingiu o maior número de pessoas e produziu resultados positivos na utilização. Os catadores de materiais recicláveis que atuam de forma autônoma rua têm um papel importante no direcionamento dos resíduos sólidos para a reciclagem, reduzindo o impacto ambiental do descarte inadequado desses materiais na natureza e reduzindo significativamente a quantidade de resíduos em aterros sanitários.

Referências

- ABNT **NBR 15256: critérios para elaboração de aterros sanitários de pequeno porte – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2010.
- ABRELPE, Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil-2011. São Paulo, 2012.
- ALCÂNTARA, P. B. **Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. Tese (doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco. 2007. Recife - PE, 364 fls.
- AMADO, F. A. D. T. **Direito Ambiental Esquemático**, 3ª edição, Editora Método, Rio de Janeiro, 2012.
- BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.
- BOSCOV, M.E.G. **Geotecnia Ambiental**. Oficina de Textos 1ª ed. São Paulo, 2008.
- BORZACCONI, O.F et al., Causa popular, ciência popular: uma metodologia do conhecimento científico através da ação. Publicação de la Rosca: Bogotá, 1972.
- BRASIL - **Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005**. Publicado no DOU nº84, de 4 de maio de 2005, seção 1, páginas 63 e 65.
- CALLE, J.A.C. **Comportamento geomecânico de resíduos sólidos urbanos**. Tese (doutorado em Engenharia Civil) – universidade federal o rio de janeiro, 2007. Rio de Janeiro-RJ, 174 fls
- CAMPOS, A.L.O; BLUNDI C.E. **Avaliação De Matéria Orgânica Em Compostagem: Metodologia E Correlações**. Departamento de Hidráulica e Saneamento - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade

de São Paulo, 2019

CEPIS. 2005. **Evaluacion Regional de los Servicios de Manejo de Resíduos Sólidos Municipales**. CEPIS: Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental e Ciências do Ambiente. OPS-OMS. www.cepis.ops-oms.org

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. **Resoluções**. Ministerio do Meio Ambiente. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27501.html> Acesso em 25 de abril de 2022

EGLER, Cláudio Antônio G. **Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira**. In: Território/LAGET, UFRJ-Vol. 1, nº 1 (Jul/Dez.1996)-Rio de Janeiro: Relume Dumará.2016.

FIRMO, et al. Núcleo Coordenador: **Gestão da Informação**. In: 2º Seminário do projeto BNDES/FADEU-FPE (Produto 3) "Análise das diversas alternativas tecnológicas de tratamento e disposição final de resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão", 2013

GOLLO, R; ROSSIN, C; PARIS, A; PIZZO, H; BRACONI, M. **Gestão de limpeza urbana. Gestão de limpeza urbana: um investimento para o futuro das cidades**. Pricewaterhouse Coopers. 2010

HABITZREUTER, M. T. **Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) da região de Santa Maria, pré e pós-triagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre - RS, 2008. 88 fls.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. IBGE, Rio de Janeiro, 2000

JACOBI, P.R., BESEN, G.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados** 25 (71), 2011.

JUNIOR, A.B.C. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção dos corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 494 p., Projeto PROSAB. 2006.

LEFF, H. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Ed.Vozes, 2001.

LIRA, J. B. de M. **Gestão de Resíduos Sólidos**. IFPE: D-EaD, 2009. 83p.

LIBÂNIO, P. A. C. **Avaliação da eficiência e aplicabilidade de um sistema integrado de tratamento de resíduos sólidos urbanos e de chorume**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. 2002

MEIRA, A.M; CAZZONATO, A.C; SOARES, C.A. **Manual Básico de Compostagem – série: conhecendo os resíduos**. Piracicaba, USP Recicla, 2003.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**, 9ª Ed. rev. Atual. E ampl. São Paulo. Editora: revista dos tribunais, 2014.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2010. 352p.

NETO, P.N. **Resíduos sólidos urbanos: perspectivas de gestão intermunicipal em regiões metropolitanas**. São paulo: Atlas, 2013.

NUNES, A. B. de H. **Dicionário Aurélio eletrônico século XXI**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002. 1 CD-ROM.

PHILIPPI JR, A. ROMÉRO, M.A., BRUNA, G.C. **Curso de Gestão Ambiental**. 2 ed. Atualizada e ampliada. Barueri. Manole, São Paulo, 2014

QUEIROZ, P.C.D., **O plano do gerenciamento do resíduo sólido urbano como ferramenta de implantação do programa Lixo Zero em Araguari – MG**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia, 2010. Uberlândia – MG, 356 fl

PEREIRA et al. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT:CEMPRE, 2013

PEIXOTO, K.; CAMPOS, V.B; D'AGOSTO, M. **Coleta seletiva e a redução dos resíduos sólidos**. 2015.

Disponível em [http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/\(7\)coleta residuos solidos.pdf](http://www.ime.eb.br/~webde2/prof/vania/pubs/(7)coleta residuos solidos.pdf). Acesso em 25 de abril de 2022

PIRES, Claudia Luisa Zeferino. **Impactos ambientais decorrentes de ocupação irregular nas nascentes da bacia hidrográfica do arroio do Salso: o caso da Lomba do Pinheiro –Porto Alegre/RS** "In" SUERTEGERAY, Dirce M.A.; BASSO, Luis Alberto; VERDUM, Roberto (Org.s). *Ambiente e lugar no urbano: A Grande Porto Alegre*, Porto Alegre, 2000.

RODRIGUES, Arlete M. **Produção e consumo do e no espaço: problemática ambiental urbana**. São Paulo: HUCITEC, 2018. 239 p.

SACHS, I. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, Garamond, 2010

SCHALCH, Marcos **Desarrollo Sustentable, Bio-Industrialización Decentralizada y Nuevas configuraciones Rural –Urbanas**. Los casos de Índia y Brasil, pensamiento Ibero americano, 16, 2003.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática: Oficina de textos**. 2004. 184p.



CAPÍTULO 5

NIVEIS DE PRODUÇÃO X MECANISMOS SUSTENTÁVEIS NAS EMPRESAS: REFLEXOS NOS RESULTADOS ECONOMICOS E RESPONSABILIDADE SOCIAL

*PRODUCTION LEVELS X SUSTAINABLE MECHANISMS IN COMPANIES:
REFLECTIONS ON ECONOMIC RESULTS AND SOCIAL RESPONSIBILITY*

Paulo Roberto Monteiro Sousa¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O termo Sustentabilidade tem sido muito utilizado em diversas áreas de conhecimento contemporâneo, e, em muitas situações, como sinônimo de Desenvolvimento Sustentável. É habitual ouvir de gestores públicos ou privados, quando atuantes no setor financeiro, que se referem ao crescimento sustentável e a economia sustentável com similitude, sem qualquer correlação. Com isso, este trabalho mostra a importância de abordagens sustentáveis, da utilização de mecanismos como inovações em empresas englobando as três dimensões da sustentabilidade (social, econômico e ambiental) e faz uma análise para compreender através de pesquisas bibliográficas, que para o desenvolvimento sustentável, tem que ser levado em consideração, aspectos relacionados às dimensões social e ecológica, aliadas à dimensão econômica definindo o uso da sustentabilidade; evidenciando as responsabilidades sociais nas empresas, ressaltando as vantagens das práticas sustentáveis; descrevendo o Marketing Ecológico; e explicando os Indicadores Ambientais.

Palavras-chave: Sustentabilidade Empresarial, Desenvolvimento Econômico, Direito Ambiental.

Abstract

The term Sustainability has been widely used in several areas of contemporary knowledge, and, in many situations, as a synonym for Sustainable Development. It is common to hear from public or private managers, when working in the financial sector, that they refer to sustainable growth and sustainable economy with similarity, without any correlation. With this, this work shows the importance of sustainable approaches, the use of mechanisms such as innovations in companies encompassing the three dimensions of sustainability (social, economic and environmental) and makes an analysis to understand through bibliographic research, that for sustainable development, aspects related to the social and ecological dimensions, allied to the economic dimension, defining the use of sustainability must be taken into account; highlighting social responsibilities in companies, highlighting the advantages of sustainable practices; describing Ecological Marketing; and explaining the Environmental Indicators.

Keywords: Corporate Sustainability, Economic Development, Environmental Law.



1. INTRODUÇÃO

Falar de Sustentabilidade empresarial, é discorrer sobre o conjunto de medidas tomadas pelas empresas em busca do lucro sem prejudicar o planeta, ou seja, as empresas passam a não se preocupar apenas com ganhos, mas, também com o respeito aos fatores ambientais e sociais envolvidos em todo o processo em que está inserida. Nas últimas décadas, pulsa o desejo da economia brasileira de caminhar além da lista dos países que estão em desenvolvimento, tendo, para isso, que promover o crescimento nacional. Para tal, pactuou com os demais Estados os pontos socioambientais, bem como a responsabilização de cada um. Por certo, a produção e o consumo de mercadorias, são imprescindíveis à supremacia nacional – ainda que acelere o crescimento das desigualdades sociais, dada a característica capitalista predominante no sistema econômico- apresentando, na mesma medida, acúmulo de capital e acréscimo da degradação ambiental.

O estudo deste artigo se insere no contexto dos mecanismos sustentáveis, utilizados nas empresas para obtenção de melhores resultados nos níveis das atividades produtivas e econômicas. Explicou-se o uso da sustentabilidade nas empresas e as suas responsabilidades sociais, ressaltando as vantagens das práticas empresariais sustentáveis e descrevendo sobre o Marketing Ecológico e sobre os Indicadores Ambientais. Teve como objetivo explicar os mecanismos sustentáveis que auxiliam nas atividades produtivas e econômicas. Utilizou como método a sobreposição dos conceitos de desenvolvimento sustentável, de sustentabilidade empresarial, de marketing ecológico e indicadores ambientais.

Este trabalho mostra a importância de abordagens sustentáveis, da utilização de mecanismos como inovações em empresas englobando as três dimensões da sustentabilidade (social, econômico e ambiental).

O crescimento exponente das indústrias nos últimos séculos, apesar de ter melhorado a qualidade de vida em múltiplos aspectos. Porém, também é inegável o aumento de ocorrências de danos ao meio ambiente. Portanto qual a percepção dos problemas, discussões relacionadas ao tema ambiental, bem como sugestões de melhoria?

Para tal, foi elaborado uma análise para compreender através de pesquisas bibliográficas, que para o desenvolvimento sustentável, tem que ser levado em consideração, aspectos relacionados às dimensões social e ecológica, aliadas à dimensão econômica definindo o uso da sustentabilidade; evidenciando as responsabilidades sociais nas empresas, ressaltando as vantagens das práticas sustentáveis; descrevendo o Marketing Ecológico; e explicando os Indicadores Ambientais.

2. DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

O termo “sustentável” significa sustentar, defender, favorecer, apoiar, capaz de ser mantido e preservado, sendo que em determinadas situações e recursos esgotados, debilitados ou permanentemente danificados. Em decorrência a palavra “sustentabilidade” re-

presenta um processo contínuo, de longo prazo, capaz de impedir a ruína de determinado sistema ou de conjunto de bens e meios, pela garantia de acesso e de reposição de bens e serviços. A permanência a longo prazo, a demanda, a conservação, proteção, reposição ou o desenvolvimento de recursos intra, inter e trans gerações (FURTADO, 2005).

A linguagem utilizada na área empresarial considera que “desenvolvimento sustentável” significa a adoção de estratégias de negócios e atividades que atendam às necessidades da organização e suas partes interessadas, mesmo tempo em que protege, mantém e aprimora os recursos humanos e naturais que serão necessários no futuro (FURTADO, 2005).

A partir da Revolução Industrial, a aceleração no aumento das atividades humanas cooperou para que grandes quantidades de recursos e energia obtivessem aumento no consumo em um curto espaço de tempo. A produção em larga escala e o consumo exacerbado em massa influenciaram significativamente o meio ambiente do planeta, gerando uma escassez de recursos não renováveis e causando problemas ambientais que culminaram com a poluição do ar, água e solo (NOWOSIELSKI; BABILAS, 2007).

A preocupação das indústrias com o meio ambiente inclui a necessidade de práticas e estratégias ecológicas, de segurança, de proteção e defesa do consumidor e de qualidade dos produtos. Nos últimos anos, as organizações têm sido pressionadas para que busquem aplicar valores em suas atividades administrativas, comerciais e operacionais (DONAIRE, 1999).

A introdução da industrialização mundial mostra o papel prevaiente do desenvolvimento tecnológico no progresso de mudanças radicais que sucederam nas sociedades humanas. O subsequente desenvolvimento econômico e tecnológico, baseado no uso intensivo de matérias-primas e energia, aumentou a velocidade da utilização de recursos naturais.

A civilização industrial causou a acentuação da dialética entre “necessidades do ser humano” e “impacto sobre a natureza”. A grande exploração desses recursos naturais para que as crescentes necessidades humanas sejam supridas, o aumento exacerbado da população, a exploração e uso de novas fontes de energia, a evolução de tecnologias com impacto sobre o ambiente, o aumento da dificuldade dos sistemas sociais pela aparição de classes sociais e pela ausência de modos alternativos de vida devido à população cultural, tudo isso levou a uma questão crescente a respeito da interação entre o meio ambiente e a sociedade humana, ocasionando divisões e discriminações. A crise ecológica não consiste meramente no aparecimento de problemas ambientais, mas na primordialidade de novos moldes de enxergar o mundo, e principalmente, a natureza (JUNGES, 2004).

Diminuir a poluição por meio de consumo consciente de matéria prima, energia e água, consiste em uma alternativa ambiental e econômica definitiva. Minimizar os desperdícios resulta em uma maior eficácia no processo industrial e menores investimentos para elucidações de problemas ambientais.

Como ações de competitividade nesse ambiente, que com frequência é composto por oportunidades e também ameaças a qualquer tipo de mudanças, as empresas inserem estratégias ambientais para diminuir custos e riscos, aumentam as receitas e os ativos in-

tocáveis em atenção às necessidades dos intervenientes. Tais estratégias geram um novo tipo de rendimento competitivo, que são chamados de *Eco-advantage* ou “ecoestratégias” que assim possibilitam às empresas o alcance nos níveis de excelente desempenho, de lucratividade e de crescimento, reunindo assuntos como qualidade de vida no trabalho, meio ambiente e segurança como parte de uma postura responsável (BARBIERI, 2006).

Quando se fala de sustentabilidade refere-se a atitudes ambientalmente corretas, estratégias para gerar mais lucros para a empresa e menos impactos para o meio ambiente, ou seja, um modo que incentiva processos que permitam a recuperação do capital financeiro, humano e natural da empresa. Sabe-se que as empresas que se preocupam com a sustentabilidade, são as mesmas que cuidam do planeta, pois tudo isso está correlacionado com o ambiente em que se vive.

Para se efetivarem as políticas e práticas de sustentabilidade empresarial devem, necessariamente, atender simultaneamente aos critérios de relevância social, prudência ecológica e eficiência econômica. Isso deve estar refletido em estratégias e práticas éticas e sustentáveis de eco eficiência e responsabilidade social. Está aí, o maior desafio ao empresariado neste século XXI: conciliar crescimento econômico, preservação do meio ambiente e equidade social. É neste sentido que se torna cada vez mais necessária a reflexão, disseminação e proposição de ideias e práticas que tornem realidade a sustentabilidade empresarial. A solução dos problemas ambientais exige uma nova atitude dos empresários e administradores, que devem passar a considerar o meio ambiente em suas decisões e adotar concepções administrativas e tecnológicas que contribuam para ampliar a capacidade de suporte do planeta.

O respeito ao uso racional dos recursos naturais e maximização dos impactos ambientais positivos no ciclo de vida dos produtos, desde a extração da matéria-prima até a sua disposição final. Mais ainda, a empresa tem de preocupar-se também com os impactos ambientais positivos e negativos de sua atividade produtiva. O aspecto econômico trata da sustentabilidade dos negócios das empresas, que devem buscar o lucro e a remuneração do capital. Devem-se orientar os gestores das empresas, promovendo a interação com o meio ambiente, a fim de garantir o acesso das futuras gerações aos recursos naturais; com o mercado, para preservar a competitividade e continuidade da empresa; e com seus colaboradores, levando em conta a responsabilidade social. No momento em que se incorpora a sustentabilidade dentro da visão e missão da empresa, automaticamente, essas três vertentes devem ser contempladas. Atualmente, os modelos de gestão à disposição das empresas, que englobam esses três aspectos, são encontrados nas normas ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão do Meio Ambiente), OHSAS, ISO 16001 e ISO 26001 (Gestão da Responsabilidade Social).

Portanto, a Sustentabilidade é a capacidade de se auto-sustentar, de assim perdurar. Uma atividade sustentável qualquer é aquela que pode ser mantida por um longo período indeterminado de tempo, ou seja, para sempre, de forma a não se esgotar nunca, apesar dos imprevistos que podem vir a ocorrer durante este período. Pode-se ampliar o conceito de sustentabilidade, em se tratando de uma sociedade sustentável, que não coloca em risco os recursos naturais como o ar, a água, o solo e a vida vegetal e animal dos quais a vida (da sociedade) depende (PHILIPPI, 2001).

Como qualquer empresa e organização o objetivo principal é obter resultados positivos e maiores retornos possíveis de seus investimentos financeiros. Portanto, são uti-

lizadas algumas estratégias e ferramentas disponíveis para apresentar-se à frente dos concorrentes obtendo visão ampla do mercado. No entanto, com o passar do tempo vêm acontecendo algumas mudanças e alterações de modo geral, além dos fatores econômicos e os demais que compõem a estrutura de uma empresa, existem os demais que fazem parte das responsabilidades das mesmas, principalmente os fatores ambientais e sociais. Diante da situação global, para que haja de certa forma a contribuição sustentável por parte dessas empresas e organizações, é necessário que haja mudanças em seus ciclos produtivos quando houver necessidade para que se tornem ecologicamente sustentáveis.

Empresas são “organismos vivos” que precisam ser impulsionados para seu crescimento, evolução e usar dos mesmos a exploração do seu potencial para cumprir sua missão.

Segundo Gro Harlem Brundtland, é preciso que a economia humana seja capaz de suprir as necessidades das gerações presentes, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Diante do exposto, pode-se inferir que assim como a natureza nos oferece matérias primas e bens para nosso uso ela quando sofre impactos e agressões por parte do ser humano tonam os recursos naturais nela existentes limitados, devendo ser explorados tendo em vista a existência das gerações futuras e não apenas satisfazer as necessidades presentes sem pensar nas consequências futuras.

Para Jonh Elkington, é preciso que os negócios sejam feitos levando-se em conta o equilíbrio entre os fatores ambientais, sociais e econômicos e os resultados das empresas precisam refletir esse equilíbrio. Neste ponto, iniciou-se uma evolução histórica acerca do desenvolvimento sustentável, para então poder definir sustentabilidade empresarial e apresentar os indicadores sustentáveis promovidos pelas organizações.

Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo se torna cada vez mais interdependentes e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que no meio de uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que, nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações. (Carta da Terra, ONU, 2002)

2.1 Do Ciclo de Vida do Produto

Os princípios que envolvem a técnica da ACV (Avaliação do Ciclo de Vida) foram desenvolvidos nos Estados Unidos no final de década de 1960, onde ela era usada para avaliar os impactos ambientais de produtos. O foco dos estudos baseava-se principalmente no consumo de energia, em razão da primeira crise do petróleo. Conhecia-se muito pouco sobre os aspectos ambientais de diversos processos, de modo que uma análise quanti-



tativa dos impactos ambientais do ciclo de vida do produto era praticamente impossível.

No início da década de 80, a opinião pública europeia começava a alertar sobre a crescente utilização dos recursos para a produção de embalagens. Vários países europeus realizaram estudos para avaliar a carga ambiental e os potenciais impactos decorrentes de embalagens de bebidas. Tais estudos contribuíram para consolidar os princípios que envolvem a ACV e levaram à análise do ciclo de vida de vários materiais utilizados em embalagens.

A ACV também é conhecida pela expressão do berço ao túmulo (*cradle to grave*), sendo que o berço indica o nascedouro dos insumos primários mediante a extração de recursos naturais, e o túmulo refere-se o destino final dos resíduos que não serão reutilizados ou reciclados. Esse tipo de ciclo não se confunde com o ciclo mercadológico, no qual um determinado produto à semelhança de um ser vivo, segue um ciclo desde a sua introdução no mercado (nascimento) até a sua retirada do mercado (morte), passando por crescimento de demanda, maturidade e declínio (BARBIERI, 2007)

Apenas recentemente a ACV tem despertado a atenção para sua aceitação e utilização. Para facilitar o uso e a aplicação das normas, foram desenvolvidos alguns *softwares* que realizam uma avaliação ambiental pautada pela seleção de categorias de impacto ambiental nos níveis local, regional e global.

2.2 Do Desenvolvimento Sustentável

A concepção de sustentabilidade ainda causa muitas controvérsias, uma delas é a respeito ao consumo de recursos não renováveis que deve ser explorado de modo sustentável. De acordo com Wilkinson et al. (2001) o conceito de desenvolvimento sustentável tem que ter um cuidado com a manutenção, a recuperação e a renovação dos recursos naturais e deve, primordialmente, ter uma dimensão ética a respeito da integridade, para ser avaliada ante a situação econômica atual e as necessidades ambientais do futuro.

A sustentabilidade empresarial se tornou imprescindível ao aderir o paradigma do desenvolvimento sustentável e tornou-se mais conhecida com o surgimento de várias entidades voltadas para o tema. No ano de 1992, foi criado o WBCSD - World Business Council for Sustainable Development, e anos depois, em 1997, deu-se início ao CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, e no ano seguinte, em 1998, a fundação do Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. Nesse contexto, percebe-se que aderir a práticas empresariais que sejam sustentáveis nos dias de hoje é uma realidade possível e está acessível a todos.

2.3 A Responsabilidade Social nas Empresas

A Responsabilidade social nas empresas consiste na atuação social exercida pela mesma, que faz com que ela tenha um caráter mais humano e que ela comece a agir e

pensar mais em benefícios para a sociedade (ALESSIO, 2008). Este novo contexto faz com que as empresas a aderirem modelos de gestão sustentáveis.

Algumas empresas assumem uma postura proativa, fazendo mais do que simplesmente controlar os estragos provocados. Inspiradas pelos padrões de ecoeficiência, elas modificam radicalmente os seus processos, evitando a poluição antes que ela seja gerada. Por isso, essas organizações preferem usar materiais e fontes de energia mais eficientes, promovendo reduções drásticas na quantidade final de resíduos. Mesmo assim, ainda é preciso conciliar prevenção e controle de poluição, pois ainda assim, a produção deixa algumas sobras que devem ser tratadas. Apesar disso, a prevenção é muito vantajosa, pois reduz gastos com materiais, energia e descarte, diminuindo significativamente os custos com tratamento de rejeitos.

Nessa nova conjuntura de mundo em que vivemos, o papel das empresas é de fundamental importância para que seja enfrentado os desafios globais.

2.4. Dos Indicadores Ambientais

O estudo sobre o tema indicadores ambientais é algo bem recente, pois só começou a ser desenvolvido nos anos 80, entretanto, somente nos anos 90 a busca pelo desenvolvimento sustentável fez com que as iniciativas sobre os indicadores fossem multiplicadas de forma a serem direcionada para a gestão ambiental dos recursos naturais. Porém mesmo com esse pequeno avanço na época pode-se concluir que os indicadores ainda eram bem tímidos em nível global (JUNIOR, 2010).

Segundo Júnior (2010), os indicadores ambientais englobam diversos indicadores voltados para o desenvolvimento sustentável e para a qualidade social, sendo eles:

- Indicadores socioeconômicos e de qualidade de vida (saúde, emprego, renda, educação, habitação e transportes);
- Indicadores ecológicos (biodiversidade, unidades de conservação e proteção ambiental);
- Indicadores de estrutura política\legal\institucional (organização e integração institucional, respostas do poder público aos problemas ambientais e nível de conformidade legal as ações e iniciativas);
- Indicadores ambientais (envolvendo diferentes dimensões ambientais simultaneamente);
- Indicadores hidrológicos (fluxos e estoques e disponibilidade e qualidade da água);
- Indicadores demográficos (estado e dinâmica populacional: pressões sobre os recursos naturais);

- Indicadores de desenvolvimento sustentável (indicadores que tentam aproximar-se da mensuração do nível de conformidade das políticas e modelos de gestão em relação ao desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, proteção ambiental e justiça\equidade social).

4. DO DIREITO AMBIENTAL

De acordo com Barbieri (2011), a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, dá início à terceira fase. Ela representa uma mudança importante no tratamento das questões ambientais, na medida em que procura integrar as ações governamentais dentro de uma abordagem sistêmica. Essa lei tem como objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental adequada à vida, visando assegurar condições de desenvolvimento socioeconômico, interesses da segurança nacional e proteção à dignidade humana. O meio ambiente é considerado um patrimônio público e deve ser protegido tendo em vista o uso coletivo. Com isso, retira-se do meio ambiente a característica de um recurso de livre acesso, que é a origem de tragédias comuns (BARBIERI, 2011).

Em consequências dos avanços das últimas décadas, o direito ambiental consagrou-se como área da ciência jurídica dedicada ao estudo dos problemas ambientais relacionados à atividade humana. Hoje, o exercício jurídico ganhou um novo pilar: o desenvolvimento sustentável pressupõe o atendimento às necessidades presentes sem perder de vista o cuidado com as gerações futuras.

No Brasil, o direito ambiental ganhou vida própria a partir da aprovação da Lei nº 6.938, em 31 de agosto de 1981, data que está para o meio ambiente como o 7 de setembro para a independência nacional. Afinal de contas, quando essa lei entrou em vigor, o direito ambiental conquistou autonomia em relação às demais áreas jurídicas, equipando-se com princípios, conceitos e objetivos próprios.

Segundo Shigunov Neto, Campos e Shigunov (2009), o bem ambiental é aquele definido pela Carta Constitucional de 1988 como sendo de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida. Portanto, o bem ambiental pode ser desfrutado por toda e qualquer pessoa. Essa definição está presente no artigo 3º, V da Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981) e significa a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora.

De acordo com Shigunov Neto, Campos e Shigunov (2009), o bem ambiental é divisão privado versus público, revelando-se uma propriedade difusa: “Assim, o bem ambiental não pode ser classificado nem como bem público, nem como bem privado, mas como bem difuso. O bem difuso é o bem que pertence a cada um e, ao mesmo tempo, a todos, ou seja, não há como identificar o seu titular e seu objeto é insuscetível de divisão”.

Para fortalecer a posse compartilhada do meio ambiente, o artigo 225 da Constituição Federal propõe a manutenção do equilíbrio ambiental como direito e dever público e a sociedade civil. Em suma, quatro principais fundamentais são apresentados nesse importante trecho da Constituição:

- Direito coletivo ao meio ambiente equilibrado, como condição fundamental para a vida sadia;
- Defesa da ideia de que a preservação do bem ambiental beneficia não apenas as gerações presentes, mas também as futuras;
- Incentivo à proteção da natureza por meio da educação ambiental em todos os níveis de ensino;
- Ratificação do princípio do poluidor pagador.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo trazer o termo Sustentabilidade, que muito tem sido utilizado em diversas áreas, como evidência profícua o Desenvolvimento Sustentável nas empresas. Inserido como mecanismos sustentáveis para serem utilizados nas empresas para obtenção de melhores resultados nos níveis das atividades produtivas e econômicas. Sendo assim, explanou o uso da sustentabilidade e responsabilidades sociais nas empresas, ressaltando as vantagens das práticas sustentáveis, atribuindo ao Marketing Ecológico e ao Indicadores Ambientais.

Foram apresentados conceito de sustentabilidade empresarial, principais indicadores de sustentabilidade em empresas e expondo o que diz a Constituição em determinados casos com intuito de certificar que é possível se ter um desenvolvimento sustentável com implantações de tecnologias de remediação.

Contudo, as empresas têm-se adaptado, cada vez mais, sua rotina as responsabilidades ambientais. Tais atitudes, além de cooperar para a inalterabilidade no meio ambiente, precisam estar acordadas com a política ambiental da empresa e seus princípios. A consciência em se ter uma organização sustentável, tem que buscar acima de tudo um comprometimento genuíno com práticas socioambientais.

Portanto, no que tange à preservação ambiental, tais como ações sociais relacionadas a sustentabilidade, são cenários que influenciam com bons olhos aos consumidores, que cada vez mais estão meticolosos, buscando em utilizar produtos na qual as empresas estão exercendo melhorias na comunidade e meio ambiente.

Conclui-se que a implantação e a crescente preocupação das empresas em se adaptarem aos processos de sustentabilidade empresarial, é o melhor caminho a ser aderido. Tal processo deve permanecer continuamente, buscando sempre renovar, seja com atividades, seja com atitudes de responsabilidade socioambiental, prezando a renovação permanente do posicionamento da empresa e, a posteriori a preservação do meio em que vivemos.

Referências

- ALESSIO, Rosemeri. Responsabilidade social das empresas no Brasil: reprodução de Postura ou novos rumos? Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- ASSOCIATION, American Library. **Anglo-American Cataloguing Rules**, volume 2, 2005.
- BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**: conceitos modelos e instrumentos. Ed. Saraiva: Rio de Janeiro, 2006.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial**. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. 3.ed. atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2011.
- BELLAMY, Alex J. **Responsability to Protect**. Editora: Polity, 2009.
- BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade**: uma análise comparativa. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005. 253 p.
- BIEKER, T. et al. Towards a sustainability balanced scored linking environmental and social sustainability to business strategy. In: DOKUMENTATION DER TAGUNGSBEITRÄGE DES ST.GALLEN FORUNS FOR NACHHALTIGKEITSMANAGEMENT am 13., St. Gallen, November 2002. **Proceedings...** Discussion Paper No. 102: Die soziale Dimension Unternehmerischer Nachhaltigkeit. Disponível em: <<http://www.iwoe.unisg.ch/org>>. Acesso em: setembro 2021
- BONNIE F. D.; HUANG, S. -C. Achieving sustainability through attention to human resource factors in environmental management. **International Journal of Operations & Production Management**, London, v. 21, n.12, p. 1539-1552, 2001.
- BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1988.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- CATEORA. P. R., GRAHAN J. **International Marketing**. 10ª ed. Irwin MacGraw-Hil.: Rio de Janeiro, 1999.
- DIETRICH, J.A., Membrane technology comes of age. **Rev. Pollution Engineering**. julho, pp.20-25, 1995.
- DONAIRE, Denis. **Gestão Ambiental na Empresa**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

CAPÍTULO 6

SANEAMENTO AMBIENTAL: IMPORTÂNCIA DAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO

*ENVIRONMENTAL SANITATION: IMPORTANCE OF SEWAGE TREATMENT
STATIONS*

Francisco Edésio Soares Nina¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O saneamento ambiental é um conjunto de práticas que visam melhorar a qualidade de vida de uma população por meio do controle ambiental para prevenir doenças e proporcionar melhor saneamento. Neste sentido, as Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs são unidades operacionais de esgotamento sanitário que tratam o esgoto, devolvendo-o ao meio nas condições permitidas, de forma que não cause danos ao meio ambiente e às populações. Dessa forma, estas unidades atuam como importante ferramenta de controle ambiental das condições de saneamento. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi conhecer a importância das Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs enquanto ferramenta de promoção do saneamento ambiental. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Além disso, conclui-se que em relação à infraestrutura para o desenvolvimento, o saneamento ambiental pode ser considerado uma importante ferramenta de crescimento econômico e um indicador de desenvolvimento, pois pode descrever as condições organizacionais a que aquela sociedade está submetida.

Palavras-chave: Estação de Tratamento de Esgotos, Saneamento Básico, Qualidade Ambiental.

Abstract

Environmental sanitation is a set of practices that aim to improve the quality of life of a population through environmental control to prevent diseases and provide better sanitation. In this sense, the Sewage Treatment Stations - ETEs are operational sanitary sewage units that treat sewage, returning it to the environment in the permitted conditions, so that it does not cause damage to the environment and to populations. In this way, these units act as an important tool for environmental control of sanitation conditions. In this context, the objective of this work was to know the importance of Sewage Treatment Stations - ETEs as a tool to promote environmental sanitation. 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 environmental engineering. In addition, it is concluded that in relation to infrastructure for development, environmental sanitation can be considered an important tool for economic growth and an indicator of development, as it can describe the organizational conditions to which that society is subjected.

Keywords: Sewage Treatment Station, Basic Sanitation, Environmental Quality.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento ambiental é um conjunto de práticas que visam melhorar a qualidade de vida de uma população por meio do controle ambiental para prevenir doenças e proporcionar melhor saneamento. O saneamento é estabelecido por meio de fatores importantes como o fornecimento de água potável de qualidade, coleta de lixo, tratamento de esgoto, limpeza de vias públicas, etc. O foco principal deste conceito é proteger o meio ambiente e os meios de subsistência das pessoas.

Neste sentido, as Estações de Tratamento de Efluentes – ETEs são unidades operacionais de esgotamento sanitário que tratam o esgoto, devolvendo-o ao meio nas condições permitidas, de forma que não cause danos ao meio ambiente e às populações. Dessa forma, estas unidades atuam como importante ferramenta de controle ambiental das condições de saneamento, através do tratamento de efluentes industriais e domésticos

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá demonstrar que a falta de prestação dos serviços de saneamento pode ocasionar diversos problemas na ordem ambiental, econômica e social. Levando em consideração que os impactos ambientais e de saúde pública causados pela falta do tratamento de esgoto, as ETEs podem ser consideradas importantes alternativas para a redução desses problemas.

Nota-se que ausência dos serviços de Saneamento Ambiental no Brasil, em especial o tratamento de esgotos, representa uma grande ameaça ao equilíbrio do meio ambiente e ao bem-estar da população. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: De que maneira as Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs podem contribuir com a promoção do Saneamento Ambiental para a população?

No objetivo geral do presente estudo conhecer a importância das Estações de Tratamento de Esgotos – ETE's enquanto ferramenta de promoção do saneamento ambiental. Além dos objetivos específicos que são apresentar o conceito de Saneamento Ambiental, bem como seus principais aspectos; descrever funcionamento de uma ETE, bem como as características de cada etapa de tratamento até a destinação do esgoto; compreender a relação existente entre as ETE's do Saneamento Ambiental bem como o papel desses sistemas para a qualidade do meio ambiente.

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 e Sustentabilidade (REES), 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. SANEAMENTO BÁSICO DO MEIO AMBIENTE

2.1 Considerações Iniciais

O saneamento básico é um importante sistema para manutenção da qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente, que compreende quatro vertentes: a captação, tratamento e distribuição das águas para consumo; coleta e destinação ambientalmente adequadas de resíduos sólidos; manejo e drenagem de águas pluviais; e tratamento e disposição de esgotos (BRASIL, 2077).

A reformulação dos planos urbanísticos (impulsionada pelo paradigma higienista ao final do século XIX) possibilitou a institucionalização da saúde pública, por meio da qual se estruturou o sistema de saneamento básico no Brasil (SILVA, 2018).

O saneamento básico proporciona fortes externalidades positivas para o meio ambiente e para a saúde humana, além de potencializar desenvolvimento e crescimento econômico no país. No entanto, no Brasil, por muitos anos, o investimento nestes serviços foi extremamente escasso, principalmente devido à decisões políticas governamentais, o que ocasionou inúmeros prejuízos, perdurados até hoje, como:

- i. acesso não universal à água (muitos brasileiros ainda não recebem água tratada em suas residências);
- ii. baixo índice de atendimento de coleta de esgoto;
- iii. tratamento de esgoto quase inexistente, sendo poucas as regiões beneficiadas com este sistema, demonstrando situação crítica;
- iv. inúmeros problemas com a questão dos resíduos sólidos;
- v. falta de drenagem urbana nas cidades; e
- vi. ações de educação ambiental pontuais e praticamente isoladas (NOZAKI, 2017).

Segundo Mendonça e Motta (2015), a falta de saneamento básico ocasiona:

- Na falta de água potável para consumo humano, ocasionando em miséria à muitas pessoas, que sofrem para conseguir um pouco de água, com custos desumanos;
- Despejo clandestino de esgoto nos rios, além da contaminação aos lençóis freáticos por fossas negras;
- Sérias doenças, como cólera, infecções gastrintestinais, febre tifoide, dentre outras, ocasionadas pelo consumo de água não tratada, proporcionando aumento de gastos públicos em saúde;
- Inundações que impactam o meio ambiente, com a impermeabilização do solo que

acarreta na falta de infiltração e conseqüente interferência na recarga hídrica aos lençóis freáticos e aquíferos, além disso, acarretando sérios prejuízos econômicos aos habitantes e poder público;

- Disposição inadequada de resíduos sólidos em terrenos, ruas, estradas, dentre outros, além dos lixões, atualmente proibidos, mas ainda existentes, os quais atraem animais, doenças e sérios problemas sociais.

Todos estes prejuízos demandam recursos financeiros governamentais na tentativa de remediação dos problemas ambientais, os quais poderiam ser resolvidos com medidas preventivas, extensamente conhecidas na atualidade (NOZAKI, 2017).

O estudo realizado por Mendonça e Motta (2015) comprova que a redução de mortalidade infantil associada às doenças de veiculação hídrica foi significativa após a instalação e melhoria dos serviços de saneamento básico, vinculadas ao acesso aos serviços de educação e de saúde. Os autores comprovam que a redução do analfabetismo diminui o número de óbitos. Eles também concluem que investimentos em ações preventivas de saneamento, como o tratamento da água, são mais justificáveis economicamente para a contínua redução da mortalidade infantil do que gastos defensivos nos serviços de saúde

Em se tratando do meio ambiente, o saneamento básico adequado resguarda, principalmente, os mananciais, rios, lagos, lagoas, entre solos e outros corpos hídricos, ou seja, a água é o principal recurso ambiental afetado e, desta maneira, por se tratar de um bem valioso para manutenção da vida no planeta, deve ser prioritariamente preservada. Neste sentido, inúmeros projetos voltados para a preservação da natureza foram sendo criados, por meio de políticas públicas, e divulgados por meio de campanhas de educação ambiental (SILVA, 2018).

Desta forma, os orçamentos do governo federal e estadual para os municípios está observando também as atividades de educação ambiental, as quais se tornaram de realização obrigatória por parte destes (NOZAKI, 2017).

Os investimentos públicos e privados destinados a saneamento básico ainda são baixos e competem com outras questões, mais "bem vistas" pelos setores, as tarifas cobradas não são suficientes para suprir os gastos (de maneira geral) e representam obstáculos ao acesso popular. Desta forma, Mendonça e Motta (2015) propõe que a situação pode melhorar com aumento ao incentivo dos investimentos privados no sistema. Isso pode ocorrer com ganho de visibilidade nas discussões acerca das questões, provindo de participações sociais e cobranças ao setor público e privado.

2.2 Saneamento básico

A natureza da atividade essencial de saúde torna este sistema vital para a vida humana e proteção ambiental e, dada a sua ausência, é uma ação coletiva notável, um objetivo social (MORAES, 2019).



De acordo com Ribeiro e Rooke (2019) as ações de saneamento básico contribuem para a proteção ambiental e promovem fundamentalmente a saúde pública, além de representarem bens de consumo coletivo, serviços essenciais, direitos da sociedade civil, direitos humanos e obrigações do Estado (RIBEIRO; 2009).

A intervenção do Estado por meio de políticas públicas é função inerente ao Estado moderno, que regula e dá condições para a manutenção e reprodução de uma parcela da população. No entanto, as políticas públicas e sociais tornaram-se cada vez mais decisivas, envolvendo três atores principais: a burocracia estatal, a burguesia industrial e os trabalhadores urbanos. Portanto, as políticas públicas desempenharão o papel de mediar a relação entre o Estado e a sociedade e constituir o meio pelo qual as elites estabelecem a hegemonia (FLEURY, 2014).

O saneamento essencial é, assim, interesse de diversos órgãos governamentais e comerciais em diferentes níveis de governo, “determinando o distanciamento de sua finalidade principal, que é a promoção da saúde ambiental e da saúde pública” (MORAES, 2019, p. 35).

Portanto, diante do processo de globalização econômica, o sistema apresenta cobertura insuficiente de serviços e falta de recursos, representando um desafio crescente ao governo no sentido de mudar esse quadro de intensificação da globalização econômica. Aumento da pobreza nos países e seus povos (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Portanto, as políticas públicas devem ser construídas por meio de um processo de planejamento, que é uma ação política, pois representa uma forma pela qual a sociedade exerce poder sobre seu futuro, inclusive lidando com conflitos de interesse e processos dinâmicos de reflexão e análise (SILVA, 2018).

Cunha (2011) enfatizou que, de acordo com a Lei Nacional de Saúde Básica (BRASIL, 2017), o planejamento básico de saúde deve incluir: diagnosticar a situação do setor e seu impacto nas condições de vida da população local, e alcance de longo prazo da universalização dos serviços (para todos), planos, projetos e ações necessários para atingir as metas e objetivos estabelecidos no plano e ações a serem tomadas em situações de emergência. Infelizmente, porém, esse tema tem sido amplamente ignorado no debate público, político e acadêmico, o que prejudica o desenvolvimento do setor de saneamento básico.

2.2.1 Saneamento ambiental

Como bem se sabe, uma economia pode sofrer intervenções das mais diversas categorias, tendo como uma das principais o fator saúde pública. De acordo com a teoria microeconômica da teoria do consumidor, sabe-se que os agentes buscam maximizar sua utilidade estando sujeitos a uma determinada restrição orçamentária. Assim, os indivíduos fazem as melhores combinações possíveis de bens e serviços a fim de se satisfazer (VARIAN, 2006).

A preocupação é maior para o governo quando a população de forma geral apresen-

ta sinais de patologia, claramente pela proporção e importância financeira sentida nas contas nacionais. Isso porque os pagamentos para esses casos são feitos em forma de transferência, uma vez que não é prestado qualquer serviço ou oferecido qualquer tipo de bem em troca do recurso recebido pelo indivíduo (SCOTTA, 2015).

O saneamento ambiental, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2012), constitui o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos deletérios sobre seu estado de bem-estar físico, mental ou social. Para tal, o saneamento básico compreende abastecimento de água; sistema de esgotos; disposição do lixo e drenagem urbana.

Embora a definição da OMS (2012) abarque três aspectos diferentes do bem-estar – físico, mental e social –, com o objetivo de verificar os impactos do saneamento ambiental inadequado que venham ocasionar doenças nos indivíduos, será considerada a condição física em que eles se encontram, não desmerecendo suas repercussões mentais e sociais. A partir disso, será realizada uma análise socioeconômica acerca das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) e seus respectivos impactos.

Os autores Guimarães, Carvalho e Silva (2018) abordam a questão do saneamento sob um ponto de vista que abrange uma infraestrutura física e uma estrutura educacional e abarca os serviços:

- Abastecimento de água às populações, com a qualidade compatível com a proteção de sua saúde e em quantidade suficiente para a garantia de condições básicas de conforto;
- Coleta, tratamento e disposição ambientalmente adequada e sanitariamente segura de águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícolas);
- Acondicionamento, coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos (incluindo os rejeitos provenientes das atividades doméstica, comercial e de serviços, industrial e pública);
- Coleta de águas pluviais e controle de empoçamentos e inundações;
- Controle de vetores de doenças transmissíveis (insetos, roedores, moluscos, etc.);
- Saneamento dos alimentos;
- Saneamento dos meios de transportes;
- Saneamento e planejamento territorial;
- Saneamento da habitação, dos locais de trabalho, de educação, de recreação e dos hospitais;
- Controle da poluição ambiental – água, ar, solo, acústica e visual.

Nesse contexto, observa-se que os efeitos indiretos dessa mesma relação que afetam de forma significativa a sociedade e exercem importância tão grande quanto os aspectos físicos relacionados às doenças ocasionadas devido ao saneamento precário. Para que se compreenda a relação saúde-saneamento e seus efeitos diretos e indiretos, por meio da Figura 1 pode ser observada a complexidade desse encadeamento.

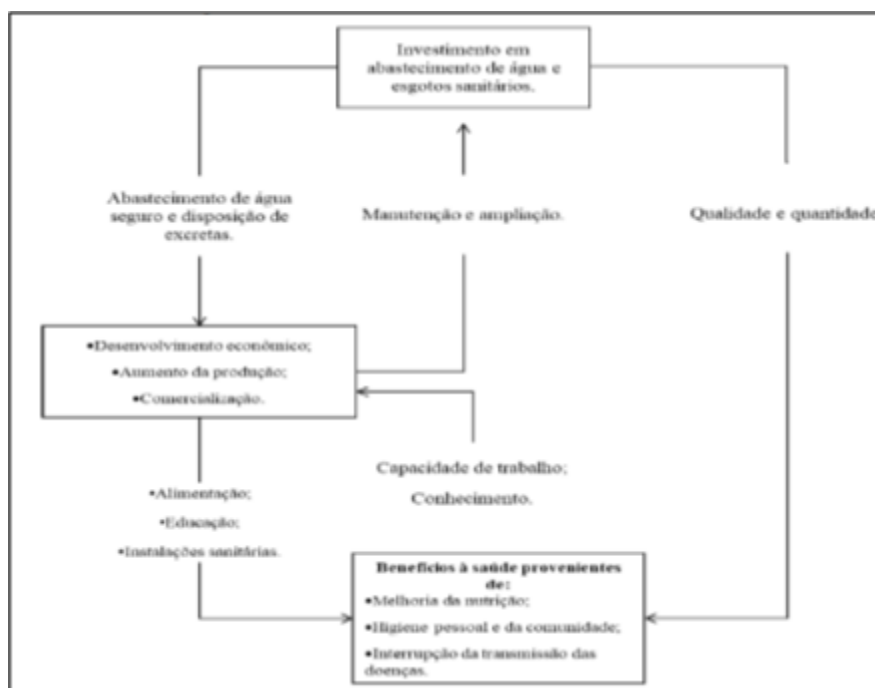


Figura 1 - Efeitos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde
 Fonte: Heller (2017)

A partir do esquema conceitual apresentado por meio da Figura 1, tem-se que os efeitos diretos estão ligados aos investimentos em abastecimento de água e esgotos sanitários, tendo a quantidade e a qualidade do saneamento subordinadas à aplicação desse recurso. Em razão disso são alcançados benefícios à saúde provenientes da melhoria na nutrição, da higiene pessoal e da comunidade como um todo e da redução de fatores transmissores de doenças.

2.3 As diferenças entre saneamento ambiental e saneamento básico

Existem algumas diferenças entre as definições de saneamento e higiene básica. As atividades relevantes de saneamento estão compostas em serviços de esgotamento sanitário, abastecimento de água tratada, drenagem de águas pluviais e serviços de coleta e disposição de resíduos sólidos (MENDONÇA; MOTTA, 2015).

Moraes (2019) explica que a falta desses serviços pode levar à precariedade da saúde e do bem-estar, bem como a doenças, principalmente as relacionadas à transmissão hídrica. O saneamento, por outro lado, refere-se a um conjunto de ações socioeconômicas voltadas à promoção da saúde ambiental.

Ribeiro e Rooke (2010) cita ainda que isso significa alcançar um ambiente que previna a ocorrência de doenças transmitidas pelo ambiente e crie condições favoráveis à saúde de toda a população, seja urbana ou rural.

Enquanto o saneamento básico está mais focado no acesso das pessoas aos serviços básicos, o saneamento é mais versátil. Além do acesso aos serviços básicos de saúde, inclui também questões sociais e ambientais.

3. SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO

3.1 Esgoto sanitário

Segundo Von Sperling (2016), o consumo de água e esgoto resultante em um determinado local varia ao longo do dia, o que chama-se de variação horária, variação diária dentro de uma semana e variação sazonal ao longo do ano. A quantificação do esgoto é feita com base na vazão, que abrange a quantidade de esgoto produzida pela cidade, bem como a água que de alguma forma escoar em diferentes pontos da rede coletora estendida em determinados intervalos de tempo (LEME, 2010).

O esgoto doméstico possui propriedades conhecidas, sua concentração de carga orgânica e a presença ou ausência de produtos químicos dependendo do uso da água. Tais usos variam de acordo com o clima local, as condições sociais e econômicas e os hábitos das pessoas (SCOTTÁ, 2015). Estudos mostraram que a composição do esgoto doméstico é bastante estável: contém cerca de 99,9% de água e o restante são impurezas, com propriedades físicas, químicas e biológicas. É essa fração de 0,1% que justifica a necessidade de tratamento de efluentes (CETESB, 2018).

Segundo Oliveira (2014), dos 0,1% de sólidos no esgoto doméstico, pode-se dividi-lo em duas categorias: sólidos orgânicos que compõem 70% do material e sólidos inorgânicos que compõem os 30% restantes.

Devido a problemas com a realização de vários testes em laboratório e os resultados não disponíveis imediatamente, para projeto e operação de referência, é melhor utilizar parâmetros indiretos de qualidade de efluentes, divididos em: parâmetros físicos, químicos e biológicos (VON SPERLIN, 2016).

Segundo Nuvolari (2011), a necessidade de implantar um sistema de esgotamento sanitário doméstico em uma cidade se baseia em quatro aspectos fundamentais, a saber, sanitários, sociais, econômicos e ambientais:

- higiênico: o objetivo é prevenir, controlar e erradicar muitas das doenças transmitidas pela água que causam morte precoce, especialmente entre crianças;
- social: visa melhorar a qualidade de vida da população e recuperar os corpos d'água e suas margens, buscando utilizá-los para recreação, esporte e lazer;
- econômico: Além de proteger os recursos hídricos e as terras marginais a jusante, buscar o aumento da produtividade em geral, levando em consideração todos os usos econômicos da água: abastecimento de água, irrigação, produção de energia, navegação, esportes, recreação etc.;



- ambiental: projetado para proteger a água de nascente, flora e fauna, plantas terrestres ou aquáticas e solo da poluição e degradação ambiental.

Dias e Rosso (2012) definem um sistema de esgotamento sanitário como a integração dos componentes responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final do esgoto doméstico. Tsutiya e Sobrinho (2011) dividiram o mesmo sistema em: rede coletora, filiais, dutos de interceptação, emissários, sifões invertidos, estações elevatórias, estações de tratamento e corpos d'água receptores.

Os sistemas de esgotamentos sanitários urbanos podem ter três formas distintas (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011, p.34):

Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado: Esgotos domésticos e industriais, águas de infiltração e pluviais são transportados pelo mesmo sistema (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011). Segundo Von Sperling (2005), o inconveniente desse sistema é que durante as chuvas fortes, o esgoto pode voltar para a residência e no caso de transporte para a ETE, pode haver um transbordamento no sistema por não serem grandes o suficiente para lidar com o tráfego excessivo.

Esgotos domésticos e industriais, águas de infiltração e pluviais são transportados pelo mesmo sistema (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Sistema de esgotamento separador parcial: neste projeto, parte da água da chuva dos telhados e terraços de casas e prédios é transportada juntamente com esgoto e água de infiltração do solo para um único sistema de coleta e transporte de esgoto (TSUTIYA; SOBRINHO, 2011).

Sistema de esgotamento separador absoluto: Conjunto de tubulações, conexões e equipamentos destinados a coletar, transportar, acondicionar e encaminhar somente esgoto doméstico de forma contínua e higienicamente segura para facilitar a disposição final" (NBR 9.648/16). a água da chuva é coletada e transportada em um sistema de drenagem de águas pluviais separado.

3.2 Estação de tratamento de esgotos (ETE)

As questões mais importantes na escolha de um sistema de tratamento de águas residuais são confiabilidade, eficiência, impacto ambiental, requisitos de área, disposição de lodo, custos operacionais e de implementação, sustentabilidade e simplicidade. Durante esse período de seleção, é necessário analisar cada sistema individualmente, com as alternativas mais viáveis técnica e economicamente (VON SPERLIN, 2016).

Oliveira (2014) citou que através do princípio da autopurificação natural, muitas tecnologias surgiram para melhorar o processo de tratamento de esgoto, pois diversas formas de tratamento utilizam a ação de microrganismos para remover a matéria orgânica presente no esgoto. Essa técnica é chamada de bioterapia. Segundo Campos (2014), no caso da ETE, o objetivo é melhorar o processo em menos tempo e espaço, reduzindo custos e aumentando a eficiência de remoção.

Para La Rovere (2012), uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é uma estrutura planejada cujo objetivo é tratar o esgoto de uma área específica por processos físicos, químicos e/ou biológicos. Nesse campo, os seres humanos simulam e intensificam o estado de autodepuração que ocorre na natureza, para que o esgoto tratado possa atender aos padrões de descarte de esgoto exigidos pela legislação para devolver o esgoto ao meio ambiente.

A NBR 12.209 prescreve e prescreve as condições exigidas para um projeto de hidrosaneamento de estação de esgoto (ETE), descrevendo uma estação de esgoto (ETE) como um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, estruturas auxiliares, acessórios e utilidades destinadas a reduzir a carga poluente do esgoto doméstico e regulamentação de resíduos de tratamento (ABNT, 2012).

Essa ETE pode ser composta por múltiplas unidades e diferentes processos de tratamento, sendo que a extração de poluentes no tratamento de esgoto costuma ser dividida em várias etapas, denominadas tratamento primário, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento terciário (VON SPERLING, 2016).

O tratamento preliminar é realizado por mecanismo físico e destina-se apenas à remoção de sólidos grosseiros, como areia, papel, graxa, papel, plástico, cabelo e outros resíduos de encanamentos decorrentes do uso inadequado de vasos sanitários e redes coletoras de esgoto para evitar danos aos equipamentos e etapas subsequentes (VON SPERLING, 2016).

Segundo Mackenzie (2010), esse tratamento está localizado a montante da ETE e inclui grades (grossas e finas), telas e caixas de areia (ou desarenadores). Normalmente, além da unidade de remoção de sólidos grossos, há uma calha Parshall para verificar o fluxo de entrada do sistema.

O tratamento primário consiste principalmente em mecanismos físicos destinados a remover sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica (DBO em suspensão) presentes no efluente (VON SPERLING, 2016).

De acordo com NUCASE (2018), os decantadores são normalmente utilizados para esgoto de fluxo lento, permitindo que os sólidos em suspensão se depositem gradualmente no fundo devido à sua densidade maior que a do efluente, após o que são removidos do esgoto. Fundo do equipamento, através de raspadores mecanizados, tubulações e/ou bombas. Já os óleos e graxas, por serem menos densos que os efluentes, sobem à superfície e geralmente são coletados e removidos para posterior processamento.

O objetivo primário do tratamento secundário é remover biomecanicamente a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada) e suspensa (DBO em suspensão ou particulada) e nutrientes (nitrogênio e fósforo). Vários métodos de tratamento secundário são conhecidos, como lagoas de estabilização, reatores anaeróbios e aeróbicos, lodo ativado, etc (VON SPERLING, 2016).

Ainda de acordo com Von Sperling (2016), esses processos realizados no tratamento secundário reproduzem o fenômeno natural de autopurificação do corpo d'água, processo natural que ocorre após um corpo d'água receber esgoto, pelo qual a matéria orgânica é

convertida em inerte natural produzido mecanicamente. produtos mineralizados.

Nesse tratamento, reproduz-se o processo natural de estabilização da matéria orgânica para remoção biológica de poluentes, incluindo a conversão de matéria orgânica mais complexa em compostos mais simples por meio da ação de microrganismos presentes no lodo, que utilizam esse material como fonte de poluentes fornece energia para o seu crescimento e satisfazer as suas necessidades energéticas.

3.3 Principais parâmetros

DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), também conhecido como (Biochemical Oxygen Demand) é um dos parâmetros mais utilizados no tratamento de esgotos. Refere-se à quantidade de oxigênio necessária pelos microrganismos (principalmente bactérias aeróbicas) para estabilizar a matéria orgânica biodegradável. Compostos inorgânicos estáveis presentes na água ou esgoto, incluindo: água, dióxido de carbono, fosfatos, sulfatos, nitrato de amônio (CETESB, 2018).

Este parâmetro é utilizado para indicar o nível de poluição nos esgotos, pois segundo Nuvolari (2013), quanto maior o nível de DBO, maior a concentração de poluentes biodegradáveis. O índice de concentração de matéria orgânica por unidade de volume de efluente é padronizado pelo Método Padrão para Exame de Água e Esgoto, que utiliza um período de 5 dias e temperatura padrão de 20°C (JORDÃO; PESSOA, 2015). Segundo Silva (2004), a DBO5 não representa a demanda total de oxigênio, pois a demanda total de oxigênio ocorre em um período maior de tempo.

DQO (Demanda Química de Oxigênio), também conhecido como DQO (Demanda Química de Oxigênio), representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar as partes orgânicas biodegradáveis e não biodegradáveis de uma determinada amostra. Se comparado ao DBO, este parâmetro tem uma grande vantagem na análise, pois o tempo para obtenção do resultado é muito menor em relação ao primeiro parâmetro. Alguns aparelhos são capazes de completar essa determinação em cerca de 2 minutos, enquanto o método do dicromato leva cerca de 2 horas para determinar o resultado (JORDÃO; PESSOA, 2015).

O potencial de hidrogênio (pH) é uma escala logarítmica que mede o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução. A escala contém valores entre 0 e 14, onde 7 é neutro, 0 é acidez máxima e 14 é alcalinidade máxima (MOTA, 2003). Segundo Jordão e Pessoa (2015), o pH do esgoto costuma variar entre 6,5 e 7,5.

Este é um parâmetro importante para o controle das estações de tratamento, principalmente durante os processos anaeróbios e oxidativos, pois afeta a velocidade do processo de nitrificação, que na verdade é inibido abaixo de pH 5,0 (SANT'ANNA JR., 2010).

Um valor mais neutro criaria um ambiente mais favorável para a microbiota responsável pelo tratamento biológico, contribuindo para um ecossistema mais heterogêneo e maior estabilidade do tratamento de efluentes (CETESB, 2018).

A temperatura é um parâmetro que afeta todos os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em efluentes e receptores, como tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização, latência de vaporização térmica e diminuição da solubilidade do gás à medida que a temperatura aumenta a viscosidade (SPERLING, 2015).

Jordão e Pessoa (2015) indicaram que a taxa de degradação dos efluentes aumenta com a temperatura, sendo a faixa ideal para atividade biológica entre 25 e 35°C. Em temperaturas abaixo de 15°C, as bactérias formadoras de metano ficam praticamente inativas, inibindo a digestão anaeróbica.

O teor de sólidos é a propriedade física mais importante do efluente, pois todos os outros contaminantes além dos gases podem aumentar o teor de sólidos da água. Estes podem ser de origem orgânica e inorgânica, variando de pequenas partículas a coloides (VON SPERLING, 2015).

4. A RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS ETE'S DO SANEAMENTO AMBIENTAL

4.1 O saneamento e a relação com a saúde

Leme (2010) explica que é inegável que exista uma relação estreita e direta entre saneamento básico e saúde da população. Garantir que o saneamento básico seja fornecido e acessível à população também é uma forma de garantir a manutenção da saúde.

Portanto, Oliveira (2014) cita que a definição de saúde é bem amplo do que a mera ausência de qualquer doença, e inclui também qualidade de vida ou bem-estar geral. Analisando esse conceito, pode-se concluir que no Brasil observa-se as graves condições de saúde, mas isso é evidente em algumas regiões porque o investimento do Brasil em saúde e saneamento está abaixo do mínimo recomendado pela OMS.

Scottá (2015) diz ainda que para resguardar a saúde pública, não basta investir em hospitais, médicos, vacinas e medicamentos para tratar doenças, é preciso também prover saneamento básico de qualidade para que as pessoas não adoeçam e, assim, previnam doenças, especialmente aqueles relacionados a doenças relacionadas à água e esgoto

Para Dias e Rosso (2012) o saneamento básico, fornecido em boas condições e qualidade, ajuda a manter a saúde humana, mas a falta de investimento no setor dificulta uma tarefa simples, pois significa que grande parte da população não tem acesso a esse serviço, ou não têm acesso a ele, mas serviços prestados em condições inadequadas.

O governo pode não perceber isso, ou pode não entender, mas investir em saneamento básico pode economizar muito dinheiro para o país na construção e manutenção de hospitais e na compra de medicamentos. Portanto, por ora, ações preventivas e assistenciais que vão muito além da saúde pública devem reconhecer que o saneamento básico faz parte do domínio da saúde, e não apenas do domínio da infraestrutura (TSUTUYA;

SOBRINHO, 2011).

Para a Organização Mundial da Saúde (2012), o saneamento básico é o sistema que controla todos os elementos do meio físico humano que podem, inclusive, causar danos ao nosso bem-estar físico, psicológico e social. Portanto, a relação entre saúde e bem-estar é intrínseca, e não pode-se considerar a prevenção de doenças e a manutenção da saúde e bem-estar sem a garantia adequada de serviços essenciais de saúde.

Muitas doenças infecciosas e parasitárias são transmitidas através de água contaminada ou esgoto não tratado. Isso porque essas doenças se desenvolvem principalmente no ambiente até a fase do ciclo de transmissão, quando o ciclo de transmissão termina, elas começam a se espalhar pelo próprio ambiente em que se reproduzem, ou seja, pela água ou mesmo pela transmissão feco-oral (MOTA, 2003).

Então, quando se tem serviços básicos de saúde adequados, ocorrem intervenções no ambiente natural em que essas doenças se multiplicam e se espalham. Ou seja, o tratamento de água, esgoto e lixo, em certa medida, afeta diretamente o ambiente de reprodução dos parasitas e interrompe o ciclo de transmissão de doenças (DIAS; ROSSO, 2012).

Santanna Junior (2010) argumenta que o saneamento pode ser utilizado como um recurso para promover a saúde e o bem-estar da população. No entanto, como já se menciona neste trabalho, ainda há uma parcela significativa da população que não tem acesso aos serviços básicos de saúde, ou quando o faz, esses serviços são erráticos e não atendem às necessidades das pessoas.

Nuvolari (2011) explica que o avanço na promoção de serviços de saúde adequados e adequados envolve muitas barreiras técnicas, políticas e regulatórias, ou seja, questões burocráticas que acabam por dificultar a ampliação dos benefícios sanitários e humanos do saneamento na maioria dos casos no meio ambiente.

Muitas populações em áreas rurais ou cidades e/ou locais considerados pequenos ainda não têm acesso aos serviços básicos de saúde ou acabam sendo enganados pela prestação de serviços de má qualidade que não os beneficiam, pelo contrário, muitas vezes é apenas uma desculpa política para justificar gastos enigmáticos, ou seja, investimentos obscuros e corrupção (CAMPOS, 2014).

De acordo com CESTESB (2018) além da prestação de serviços de saúde adequados, é importante considerar o atendimento médico e a educação em saúde quando se pensa em controlar a propagação de doenças. Assim, as pessoas podem aprender os hábitos de higiene que são essenciais para manter a saúde e prevenir doenças.

Então, tão importante quanto fornecer serviços de saneamento, tratamento de água, coleta de lixo, é importante explicar às pessoas como usar e manter adequadamente suas instalações sanitárias, como cuidar da higiene pessoal, higiene doméstica e higiene alimentar (LA ROVERE, 2012).

A água tratada inadequadamente pode estar contaminada com dejetos humanos ou de outros animais. Produtos químicos que são considerados prejudiciais à saúde humana

também podem estar presentes. Muitas doenças estão relacionadas com a água, mas nem todas. Algumas doenças são de veiculação hídrica, ou seja, a água é a principal carreadora dessas doenças, e algumas doenças se originam na água (MACKENZIE, 2010).

Portanto, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (2012) existem duas categorias de doenças relacionadas à água. O primeiro grupo diz respeito às chamadas doenças de veiculação hídrica, aquelas que utilizam a água como vetor de transmissão, ou seja, a água é contaminada com fezes de pessoas e/ou animais contaminados e depois consumida pelo homem. Eventualmente adoece de vários problemas causados por bactérias, vírus, protozoários e até vermes

Para combater doenças transmitidas pela água ou transmitidas pela água, o investimento em saneamento é fundamental, especialmente em sistemas de água. Ou seja, a forma como retirar a água da natureza e a leva para o consumo é importante para que ela não seja contaminada e chegue às torneiras de forma adequada e saudável. O sistema de abastecimento de água consiste em retirar água da natureza, ajustar sua qualidade, entregá-la aos assentamentos humanos e abastecê-la à população, levando em consideração a quantidade de água compatível com as necessidades da população (JORDÃO; PESSOA, 2015).

Mota (2003) diz que fica claro que ao fornecer um sistema não é algo tão simples, mas envolve o trabalho que é essencial para que um sistema funcione corretamente. Seja um sistema atendendo pequenas cidades e/ou vilarejos, para grandes centros urbanos, os sistemas hídricos requerem engenharia, equipamentos e diversos serviços e pessoal associado.

Assim, percebe-se que para fornecer água potável para consumo doméstico, serviços públicos e industriais, é necessário um sistema de abastecimento de água adequado, cujas características e instalação irão variar de acordo com os serviços que tem a prestar. Um sistema de abastecimento de água é então composto por várias unidades, conforme mostrado na Figura 2:

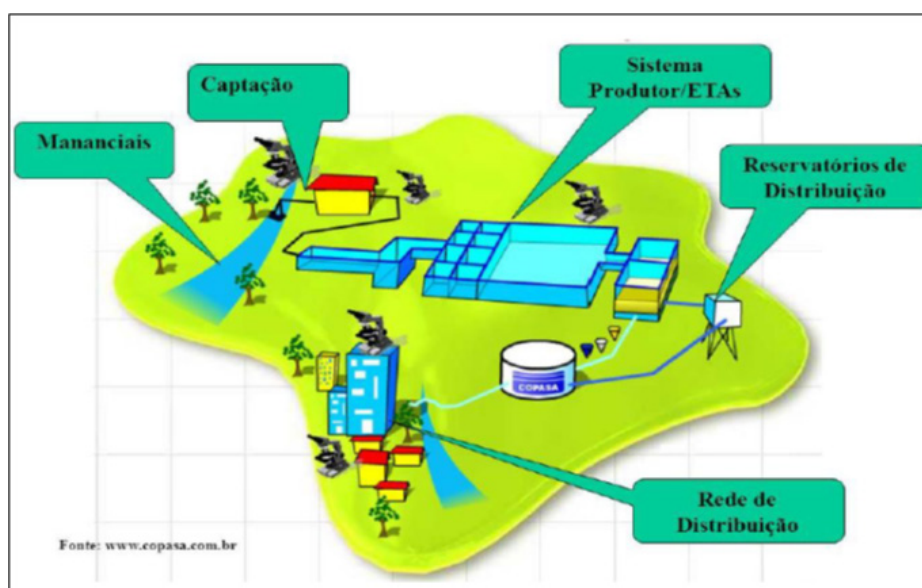


Figura 2: Partes de um sistema de abastecimento de água
Fonte: COPASA (2012)

A Figura 2 acima mostra como o sistema de água está organizado, dividindo-o em

unidades. Essas unidades são: nascentes, captações, sistemas de produção, reservatórios de distribuição e redes de distribuição. Em detalhes, essas seções podem ser colocadas assim:

- Mananciais: são as fontes de onde retiramos a água. Pode ser superficial (rio, lago, represas) ou subterrâneo;
- Captação: é o conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a tomada de água do manancial;
- Adução: é o transporte da água do manancial ou da água tratada;
- Tratamento: são as melhorias das características qualitativas da água, dos pontos de vista físico, químico, bacteriológico, organoléptico (que se refere às características da água que são percebidas pelos sentidos, como sabor e odor);
- Reservação: trata-se do armazenamento da água para atender a diversos propósitos, como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição;
- Rede de distribuição: é a condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas.
- Estações elevatórias ou de recalque: são as instalações de bombeamento destinadas a transportar a água a pontos mais distantes ou mais elevados, ou para aumentar a vazão de linhas adutoras.

4.2 Saneamento básico e meio ambiente

O Plano de Saneamento Básico da Lei nº 11.445/17 é o documento que organiza a saúde básica e os serviços que ela inclui. Assim, de acordo com os parâmetros planejados, o saneamento básico inclui serviços de infraestrutura e instalações, como abastecimento de água, esgotamento sanitário doméstico, limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2017).

Os serviços que compõem o saneamento essencial são prioritários para o atendimento da população, podendo ser prestados por órgãos públicos ou privados, ou ainda por uma colaboração entre os dois setores. No Brasil, esses serviços são prestados por instituições públicas, enquanto em outros lugares os mesmos serviços são prestados pelo setor privado (NUVOLARI, 2013).

No entanto, existem locais onde o saneamento básico é realizado por meio de convênios e/ou parcerias entre os setores público e privado. São empresas estaduais e municipais de saneamento, fundações, consórcios intermunicipais, empresas privadas de saneamento e associações comunitárias (OLIVEIRA, 2014).

Leme (2010) fala que os serviços essenciais de saúde são projetados para manter a saúde humana e proteger o meio ambiente. No entanto, é inegável que esses campos estão todos completamente relacionados, portanto, proteger o meio ambiente também pode ser visto como uma forma de promover a saúde da população. Portanto, pode-se dizer que as instalações de saneamento básico refletem e restringem diretamente a qualidade de vida da população, mas também envolvem aspectos socioeconômicos e culturais.

Além disso, no Brasil, o Ministério do Meio Ambiente tem defendido que outras ações devem ser tomadas, além do saneamento básico, para realmente cooperar com a proteção ambiental. Por exemplo, o ministério sugeriu que, além de difundir os conceitos de redução, reutilização e reciclagem, é preciso promover a organização e inserção dos catadores nas cadeias produtivas (BRASIL, 2017).

Nuvolari (2011) diz que é importante utilizar tecnologias que beneficiem, pois já existem tecnologias limpas no processo produtivo, o que permite desenvolver produtos potencialmente recicláveis. Além disso, disse o ministério, todos tem a responsabilidade de divulgar a importância da responsabilidade em relação aos resíduos sólidos e a necessidade de sempre priorizar o uso de materiais recicláveis e/ou recicláveis.

Santana Jr (2010) explica que à medida que as cidades se expandem, aumentam o número de edificações e percebe-se que os espaços vazios também estão surgindo e comprimindo uma parcela significativa da população em locais considerados insalubres, inacessíveis e remotos. Em outras palavras, a expansão urbana também cria mais problemas com as redes de saneamento e água.

Além disso, essa situação gera principalmente problemas de esgoto e limpeza da cidade, pois a parcela excluída da população, massacrada pelo enorme crescimento imobiliário, também acaba sem acesso a esses serviços, embora todos já sabe-se que eles estão além de serem um direito dos cidadãos, estes são básicos e prioritários (OLIVEIRA, 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionamento dessa pesquisa foi elaborado a partir da revisão literária sobre entender qual é a importância das estações de tratamento de esgoto – ETE'S. Percebeu-se que a falta de saneamento básico, ou a oferta precária desses serviços ocasionam em problemas ambientais e de saúde coletiva.

No primeiro capítulo se observa o saneamento básico fornecido em boas condições e qualidade ajuda a manter a saúde humana, mas a falta de investimento no setor dificulta uma tarefa tão simples, pois significa que grande parte da população não tem acesso a esse serviço ou, alternativamente, pode utilizar os serviços prestados em condições inadequadas.

No segundo capítulo se ressalta sobre os sistemas de saneamento básico incluem atividades de coleta e disposição de resíduos para que, por exemplo, lixo e esgoto sejam inofensivos à vida humana. Além disso, inclui medidas para coletar e tratar adequadamente a água para fornecer água às pessoas de forma qualitativa.



O terceiro capítulo desta pesquisa destaca a importância da relação entre as Estações de Tratamento de Esgoto e o saneamento ambiental onde apresenta tanto os programas de promoção da saúde, quanto os problemas ambientais, relacionados aos serviços de saneamento, devem ser considerados enquanto movimentos políticos, sociais e econômicos. Tratam de direitos fundamentais e primordiais dos cidadãos e são, ao mesmo tempo, serviços básicos para a qualidade de vida e, quando bem planejados, auxiliam no desenvolvimento e manutenção da economia do país.

Dessa forma, entende-se que é necessário dar continuidade ao estudo em relação à infraestrutura para o desenvolvimento, o saneamento ambiental pode ser considerado uma importante ferramenta de crescimento econômico e um indicador de desenvolvimento, pois pode descrever as condições organizacionais a que aquela sociedade está submetida.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1992. **Norma NBR 12208/2012 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2016. **Norma NBR 9648/2016 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário** - Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 2016.

BRASIL. **Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2017**. Lei Nacional de Saneamento Básico. LNSB. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em 14 de abril de 2022

CAMPOS, J.R. **Alternativas para tratamento de esgotos** – Pré-tratamento de águas para abastecimento. Americana: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari, 2014. 112 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Fundamentos do Controle de Poluição das Águas**. São Paulo: CETESB, 2018. 228 p.

CUNHA, A. S. Saneamento básico no Brasil: desenho institucional e desafios federativos. Texto para Discussão, nº 1565. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)**. Rio de Janeiro, 2011.

DIAS, F. Y.; ROSSO, J. R. Avaliação da infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara, SP. **In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 1997, Foz do Iguaçu. Anais. Foz do Iguaçu, 1997.

FLEURY, S. **Estado sem Cidadãos**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1994

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Saneamento básico. 2018. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2022

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2015

LA ROVERE, E. L. *et al.* Manual de Auditoria Ambiental de Estações de Tratamento de Esgotos. Rio de Janeiro, 2012.

LEME, E. J. de A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. 1ªed. São Carlos, 2010. 595 p.

MACKENZIE, L. D. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. Ed. McGraw-Hill Companies. 2010.

MENDONÇA, M.J.C; MOTTA, R.S. Saúde e saneamento no Brasil. Texto para Discussão, nº 1081. **Instituto**

de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Rio de Janeiro, 2015.

MORAES, L. R. S. **Gestão do Saneamento**. Salvador: DHS/Ufba, 2019.

MOTA, F. S. B. **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2003

NOZAKI, V. T. Análise do Setor de Saneamento Básico no Brasil. Dissertação. **Faculdade de Administração, Economia e Contabilidade de Ribeirão Preto, USP**. 2017. 109 p.

NUCASE. Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Processos de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento: nível 1** / Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). – Brasília : Ministério das Cidades, 2018. 72 p.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 2011, 565 p.

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto**. 2006. 214 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014

RIBEIRO, J. W., & ROOKE, J. M. S. (2010). **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Monografia de Especialização em Análise Ambiental, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. 36p.

SANT'ANNA JR., G. L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro. Interciência, 2010, 418p.

SCOTTÁ, J. **Avaliação e otimização de uma estação de tratamento de esgoto com sistema fossa e filtro de um município da serra gaúcha**. 2015. 82 f. Monografia – Centro Universitário UNIVATES, 2015

SILVA, E. R. da. **O curso da água na história: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos**. 2018. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=43995&indexSearch=ID>. Acesso em 14 de abril de 2022

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011

VARIAN, Hal R. **Microeconomia: princípios básicos, uma abordagem moderna**. Rio de Janeiro: Elsevier Campus c 2006.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1. 3º ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. 470 p.

CAPÍTULO 7

DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

*DISPOSAL OF CIVIL CONSTRUCTION WASTE AND ITS SOCIO-
ENVIRONMENTAL IMPACTS*

Werberth Silva Coelho¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A problemática dos resíduos de construção civil sempre esteve presente no Brasil, no entanto, vem recebendo uma maior atenção devido à grande quantidade que é produzida e a sua destinação final. O tema escolhido tem por finalidade entender as principais causas e consequências do descarte errado dos resíduos da construção no meio ambiente e reaproveitar produtos ou materiais que resultam de algum processo produtivo como medidas de recuperação dos recursos naturais, gerando relevância econômica e redução de custo, portanto, surge a necessidade de se buscar alternativas para reduzir a geração e o acúmulo de resíduos de construção. Sendo assim o presente trabalho teve por objetivo conhecer os impactos socioambientais gerados pelo descarte inadequado pelos resíduos da construção civil. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores, revista eletrônicas de engenharia ambiental, google acadêmico e scribd. Conclui-se que a utilização de ferramenta de gerenciamento viabiliza inicialmente a não geração de resíduos, posteriormente favorece a redução da geração e perdas, ao permitir que as empresas reavaliem o processo construtivo e utilizem técnicas de triagem para avaliar a destinação do resíduos, seja para ser reutilizado dentro e fora do canteiro ou ainda ser enviado para usina de reciclagem para transformá-lo em novo produto.

Palavras-chave: Construção Civil, Resíduos, Reaproveitamento, Sustentabilidade.

Abstract

The problem of civil construction waste has always been present in Brazil, however, it has been receiving greater attention due to the large amount that is produced and its final destination. The chosen theme aims to understand the main causes and consequences of the wrong disposal of construction waste in the environment and to reuse products or materials that result from some production process as measures of recovery of natural resources, generating economic relevance and cost reduction, therefore, there is a need to look for alternatives to reduce the generation and accumulation of construction waste. Therefore, the present work aimed to know the socio-environmental impacts generated by improper disposal by civil construction waste. This is a literature review using a qualitative and descriptive method. The search was carried out through the following search engines, electronic journals of environmental engineering, academic google and scribd. It is concluded that the use of a management tool initially enables the non-generation of waste, later favors the reduction of generation and losses, by allowing companies to reassess the construction process and use screening techniques to assess the destination of waste, either for be reused inside and outside the construction site or even be sent to a recycling plant to transform it into a new product.

Key-words: Construction. waste. reuse. Sustainability.



1. INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada uma atividade responsável pelo desenvolvimento socioeconômico, mas por outro lado, causa grande parte do impacto negativo no meio ambiente, seja pelo desenvolvimento e transformação dos recursos naturais ou pela geração de resíduos. Nos canteiros de obras, as perdas de materiais são altas e os resíduos são gerados em excesso, fator que se agrava sem a destinação final adequada.

Os Resíduos da Construção devem ser discutidos de maneira técnica, visto que, podem ser constituídos de matéria prima e ser reutilizados em outras etapas construtivas. A introdução de novas tecnologias aliadas a mão de obra qualificada e um sistema de eficiente de reciclagem podem contribuir para a redução do desperdício na construção civil.

Diante desse contexto, justifica-se que no canteiro de obras ocorrem grandes perdas de materiais, com excessiva geração de resíduos e esse fator agrava ainda mais quando não há descarte adequado. Essa pesquisa pretende apresentar que o descarte incorreto dos resíduos da construção civil causa impactos ambientais, tanto ao meio físico (poluição do solo, ar e água), biótico e antrópico (impacto à vizinhança e sociedade, através de incômodos visuais e dificuldade o tráfego nas vias públicas).

Nota-se que uma das maiores causas disso é a necessidade do reaproveitamento e do uso correto dos materiais que são chamados de descartes. Para que haja um gerenciamento correto é fundamental satisfazer as leis vigentes. Dessa forma, a questão que orienta essa pesquisa é: Quais são os impactos ambientais gerados pelo descarte incorreto dos resíduos da construção civil?

No objetivo geral do presente estudo foi conhecer os impactos socioambientais gerados pelo descarte inadequado pelos resíduos da construção civil. Além dos objetivos específicos que são apresentar as características dos resíduos da construção civil; identificar os principais impactos socioambientais causados pelo descarte incorreto dos resíduos da construção civil e citar alternativas sustentáveis para a reutilização e destinação dos resíduos da construção civil

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 e Sustentabilidade (REES), 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 10 anos, na língua portuguesa.

2. CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1 Construção civil

Denari (2010) explica que no setor da construção civil, um dos problemas mais frequentes é o desperdício de materiais, que afeta a produtividade e a eficiência dos projetos. As perdas envolvem aspectos físicos e o tempo, acarretando prejuízos para a empresa, portanto, para a competitividade da empresa estima-se que 50% do total de resíduos sólidos urbanos gerados nas cidades brasileiras são provenientes de atividades de construção ou demolição.

O ramo da construção é uma atividade que adquire cerca de 40% da energia e um terço dos meios naturais. Consome aproximadamente 12% da água potável disponível, gera 40% dos resíduos sólidos urbanos e contribui com um terço das emissões de gases de efeito estufa (GALCERAN, 2013).

Segundo pesquisa de Souza (2005), considerando que o departamento é responsável pela grande maioria do Produto Interno Bruto (PIB) do país, o Indústria da Construção Civil -ICC ocupa posição de destaque na economia nacional. Não há dúvida de que a Câmara de Comércio Internacional ocupa posição importante no setor econômico brasileiro, mas tem sido criticada em termos de necessidade de recursos devido ao seu processo produtivo ineficiente. Segundo o autor, se comparada com outras indústrias, a quantidade de recursos exigida pelo ICC em um ano de atividade ocupará posição importante.

Denari (2010) explica que a Indústria de Construção Civil é considerada uma das principais produtoras de resíduos, pois consome muitos recursos naturais não renováveis. Por isso, é importante usar os materiais de forma mais eficiente, pois as novas tecnologias sustentáveis nesse campo ainda estão principiando.

2.2 Conceito de resíduos da construção civil

Ciribeli e Fernandes (2011) definem resíduos como itens restantes de alguns métodos ou atuação, sendo capaz de estar nos estados sólido, líquido ou gasoso (CIRIBELI; FERNANDES, 2011). Enquanto Souza et al., (2004) explicam que a construção civil é responsável em parte de resíduos e demolição, que são descartados em encostas de rio, vias públicas, criando locais de depósitos irregulares que comprometem a paisagem urbana, dificultando o tráfego a drenagem urbana e prejudica a qualidade de vida da sociedade.

A NBR – 10.004 Associação Brasileira de Normas Técnicas estabelece resíduos sólidos como sobras no estado concentrado ou dissolvido que se originam da execução das atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição (ABNT, 2004).

Para se avaliar a composição média dos resíduos de construção civil, vários fatores devem ser considerados, tais como a tipologia construtiva utilizada, as técnicas construtivas existentes e os materiais disponíveis em cada região. Ainda nesse contexto, devem

ser considerados os índices de perdas de materiais mais significativos, ou seja, a composição do RCC também é um reflexo dos insumos que têm os índices de desperdício mais elevados no setor. Todos esses fatores influenciarão a composição do resíduo de construção e demolição (LEITE, 2001).

Segundo Vieira e Dal Molin (2004), quando se analisa a composição dos resíduos de construção e demolição das cidades, percebe-se que sua composição, em geral, possui elevados percentuais de concreto, material cerâmico e argamassa.

Conforme John (2010) a responsabilidade em limitar a produção de resíduos e como resultado os danos, deve iniciar na criação do projeto, acompanhando pelo desempenho e aplicação de produtos que criam resíduos. Outra escolha é a recuperação dos materiais que ficam como matéria prima para produção de outros, métodos que podem aliviar os gastos de uma obra.

De acordo com Lucena (2009), a origem dos resíduos está relacionada aos restos de processos de produção e às substâncias, produtos ou objetos que ficaram incapazes de utilização para os fins que foram produzidos. A falta de investimentos públicos e privados nas políticas relacionadas à gestão desses resíduos acarretam um desafio para o desenvolvimento sustentável do meio ambiente.

2.3 Classificação dos resíduos

A Resolução nº 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos Resíduos da Construção Civil e Demolição – RCD e define-os como sendo:

Resíduos provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultante da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeira e compensado, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002, p. 23).

Os RCD são divididos em 4 (quatro) classes de acordo com os critérios definidos pela Resolução nº 307/02 do CONAMA, Quadro 1. A classificação permite estabelecer uma destinação final adequada para os resíduos da construção civil.

CLASSES	DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: solos proveniente de terraplanagem, argamassa, componentes cerâmicos e concreto (blocos, peças pré-moldada e moldada <i>in loco</i>).
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução CONAMA nº 469/2015).
C	Resíduos que ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução CONAMA nº 431/11).
D	Resíduos perigosos tais como: tintas, solventes, óleos e outros oriundos de clínicas radiológicas, instalações industriais e telhas e demais objetos que contenham amianto (esta classe passou a vigorar com a nova redação da Resolução nº 348/04 do CONAMA).

Quadro 1: Classificação dos RCD
Fonte: Brasil (2002)

Devido ao acelerado processo de urbanização das cidades, a indústria da construção civil, tem desempenhado um papel importante na economia do Brasil e, aliado a isso, têm provocado problemas ambientais devido ao alto volume de resíduos gerados por essa atividade (SCHNEIDER, 2003).

Pinto (1999) estimou que em cidades brasileiras de médio a grande porte, os resíduos gerados na construção civil variam de 41 a 70% dos resíduos sólidos urbanos, o que corresponde algo em torno de 0,23 a 0,76 toneladas por habitante ao ano.

2.4 Gerenciamento dos resíduos de construção civil

A Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) é o procedimento associado às atividades operacionais do dia a dia e à disposição direta de resíduos em que são planejadas ações para prever, controlar e gerenciar a gestão de resíduos nos canteiros de obras (NAGALI, 2014).

A gestão dos RCD deve ser um conjunto de ações operacionais que visem à redução da geração de resíduos nos canteiros de obras. Geralmente consiste em planos e programas para planejar, definir e delegar as responsabilidades dos agentes relevantes para adotar a gestão de resíduos e procedimentos de destinação adequada (BRASIL, 2002).

Parâmetros e procedimentos relacionados à gestão dos RCD devem ser adotados, principalmente nos canteiros de obras, pois é responsável pela geração de resíduos. Uma série de ações relacionadas ao manejo adequado dos resíduos e destinação adequada deve ser realizada para contribuir com a redução do impacto ambiental (LORDÉLO et al., 2006).

A Resolução 307/02 é a Resolução do CONAMA sobre diretrizes, normas e procedimentos de gestão de RCD adotados pelos municípios e órgãos envolvidos na gestão e disposição de resíduos. Desenvolver e implementar políticas estruturadas, dimensionadas de acordo com as condições locais, na forma do Plano de Gerenciamento de Resíduos Urbanos da Construção Civil (PMGRCC), ferramenta para gestão de RCD no âmbito do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (PMGIRS) (BRASIL, 2002).

Para os grandes geradores, a mesma resolução define a estrutura do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC, que servirá como instrumento norteador para orientar, regular e expressar o compromisso com o estabelecimento de procedimentos de gestão e ações corretas para a destinação final, desperdício. No PGRCC, a gestão dos resíduos ocorre no próprio canteiro de obras através de medidas como caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e, finalmente, destinação dos resíduos (BRASIL, 2002).

Cabe ao PGRCC caracterizar os resíduos, estimar a quantidade produzida, recomendar medidas para reduzi-los e determinar procedimentos para a destinação adequada (NOVAES; MOURÃO, 2008). A Resolução CONAMA 307/02 também estipula que o principal objetivo dos grandes geradores é a não geração de resíduos, seguida de redução, reaproveitamento, reciclagem e destinação final adequada (BRASIL, 2002).

Para Souza (2004), são sugeridas ações de redução de RCD diretamente na fonte, ou seja, nos canteiros de obras, quando somadas à destinação adequada desses resíduos, podem contribuir significativamente para a redução do impacto das atividades construtivas no meio ambiente. É preciso entender que o RCC tem características próprias que podem variar facilmente dependendo de onde é produzido, das técnicas e materiais aplicados na obra, da qualidade do projeto e do artesanato.

Para Bernardes et al. (2008), com base em estudos já realizados, a primeira atitude a ser tomada para desenvolver ações voltadas para a gestão adequada dos RCD é investigar o diagnóstico do canteiro de obras, para determinar as características dos resíduos como origem, taxa de geração, participação na geração, arrecadação e disposição final da procuração.

2.5 Desperdício e perda de material

Souza (2004) define perda como todos os recursos gastos na implementação do produto ou serviço, que excedem os recursos absolutamente necessários (mão de obra, matérias-primas, materiais, tempo, dinheiro, energia, etc.). Este é um custo adicional adicionado ao custo normal do produto. No que diz respeito à construção civil, o conceito de perda envolve não só o desperdício de materiais, mas também o uso ineficiente de equipamentos, materiais e mão de obra.

Pariali *et al.* (2003) conceituam perda de maneira geral como prejuízo ou privação. Para a construção civil, não há diferença, por isso os autores definem perda como a ineficiência de utilização de recursos tangíveis (materiais, equipamentos e capital) como recursos intangíveis (mão de obra).

Formoso *et al.*, (2016) explicam que a perda geralmente está relacionado apenas ao desperdício de material. No entanto, perda deve ser entendida (além do conceito de desperdício de materiais) como toda ineficiência, que se reflete no uso de equipamentos, mão de obra e capital, cujo montante é superior ao necessário para a produção do edifício. A perda de mão de obra refere-se à execução de atividades desnecessárias que não agregam valor ao trabalho e à obra.

Para Pariali *et al.*, (2003), essa definição traz para o escopo da produção a discussão dos resíduos de materiais, ou seja, a perda zero mencionada é a quantidade especificada no projeto, portanto, se ocorrerem atividades de produção e operação, o consumo de material causado pela produção é superior ao teoricamente necessário.

Formoso *et al.*, (2016), declara que o método da perda incluiu uma meta em sua definição ao estabelecer a referência de perda zero sendo possível discutir até que ponto a eficiência máxima do processo pode ser atingida. Tradicionalmente, tem sido utilizado até hoje, essas perdas evitáveis (caracterizadas por desperdício) foram completamente eliminadas, enquanto as perdas designadas apenas pela redução de materiais são economicamente inviáveis e não há grande alteração no nível de crescimento tecnológico de gestão na empresa.

De acordo com Koskela (2000) o procedimento técnico fornece muitos métodos para quantificar a perda de materiais de construção no tempo de trabalho improdutivo e acarreta a perda de capital fixo devido ao estoque insuficiente e os resultados apresentados são tão variáveis quanto os procedimentos usados nesses métodos.

Santos (2001) afirma que quando há poucos projetos (fase inicial ou fase de conclusão da obra), todos os materiais existentes na obra podem ser investigados e ao lidar com um grande número de itens de estoque, você pode usar a curva ABC (custo do material). A pesquisa deve relacionar os materiais encontrados, a quantidade no início e no final do dia de observação e o horário de cada item nos materiais de trabalho. Levando em consideração a taxa de juros de mercado representativa de perdas financeiras, serão utilizados materiais utilizados por mais de quinze (15) dias de trabalho para o cálculo da perda por estoque.

Soibelman (2005), afirma que sem prejuízo da realização de atividades de acompanhamento, os serviços implementados são considerados reservas de serviços prontos. Da mesma forma que para materiais de estoque, a suspensão do serviço por mais de quinze (15) dias será considerada perda sendo serviços listados, quantidade e tempo de espera.

Paladini (2007) comenta que os materiais transportados serão quantificados em toneladas. Portanto, no estágio inicial, apenas materiais com grande volume devem ser investigados. Os critérios usados para determinar o potencial de transporte equivalem a oitenta por cento (80%) do tempo do assistente ajudando as pessoas a transportar materiais. No resto do tempo (20%), o ajudante realiza outras tarefas considerando a taxa de produção de duas (2) toneladas por funcionário por dia.

Scardoelli (2010) afirma que com a utilização da tecnologia de observação instantânea, é possível investigar o tempo de produção, tempo auxiliar e não produção dos oficiais e auxiliares presentes. Para estabelecer um padrão de apuração da perda de mão de obra, é necessário diagnosticar rapidamente a situação da empresa (trabalho) em termos de qualidade (produção).

3. PRINCIPAIS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELO DESCARTE INCORRETO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL



3.1 Meio ambiente e sustentabilidade

Segundo Donat et al. (2008) o governo brasileiro adequou uma série de medidas na tentativa de diminuir a condição consequente da grande quantidade de entulhos. Como recurso legal, em janeiro de 2002 foi elaborado pelo CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, a Resolução nº 307, determinando assim, normas e métodos para a gestão dos resíduos originados da construção civil.

De acordo com Bernardes (2003) descreve um conjunto de procedimentos apropriados para aplicar de imediato nas empresas de construção, investimentos inovadores tais como *drywall*, que são paredes de gesso acartonado e concreto protendido, aplicado em lajes planas. Entretanto, poucas empresas adotaram as alterações. Em relação à reciclagem, existem diversos estudos e pesquisas com resultados bons e uma grande potência de inovação.

Dias (2009) explica que as empresas são as principais responsáveis pela redução e alterações dos recursos naturais. De acordo com as estatísticas, poucas empresas preocupam-se com responsabilidade socio ambiental e praticam atividades para garantir que o processo produtivo seja eficiente ecologicamente, algumas empresas realizam apenas para cumprir leis e exigências governamentais.

No entanto, é necessário que a postura de responsabilidade socio ambiental faça parte da rotina das empresas, especialmente as da construção civil, buscando avanço dos sistemas de gestão de resíduos para garantir o mínimo de desenvolvimento sustentável (FERREIRA et al., 2014).

Para se evitar problemas do ponto de vista ambiental é necessário que seja implementar ações de gestão ambiental na empresa, onde seja o principal instrumento para se obter o desenvolvimento sustentável (DIAS, 2009).

Karpinski et al. (2009) apontam que o desenvolvimento sustentável no ramo da construção civil é garantir que antes, durante e após as construções, sejam feitas ações que reduzam os impactos ambientais, potencializem a viabilidade econômica e proporcionem uma boa qualidade de vida para as gerações atuais e futuras (KARPINSKI et al., 2009).

Dias (2009) afirma que além das definições sobre desenvolvimento sustentável no ramo da construção civil, pode ser considerado um processo através do qual o há harmonia com as necessidades das gerações futuras. Portanto, a postura mais adequada a base do desenvolvimento sustentável se baseia na coexistência, e interação do progresso para as gerações futuras.

3.2 Os impactos causados pela geração de RCC

A indústria da construção civil tem colocação de alto destaque na economia brasilei-

ra, e tem grande parte de participação do PIB (Produto Imposto Bruto), contratando um grande número de mão-de-obra. Está entre os ramos que mais geram impacto ambiental, sendo o maior causador de resíduos em toda a sociedade. Estima-se que a construção civil reproduz de 2 a 3 bilhões de toneladas ao ano, sendo responsável, por 50% da produção de CO₂ e que adquire entre 20 e 50% do total dos recursos naturais, percentual que diversifica de acordo com cada país, e obras próximas das regiões metropolitanas se desenvolve mais descarte de resíduos (FIEB, 2006).

Segundo Karpinski et al. (2009) a grande disputa desse ramo é conseguir o equilíbrio entre o setor produtivo da construção civil e um crescimento sustentável responsável, para diminuir a agressão ao meio ambiente.

De acordo com Nagalli (2014) os RCD, quando são direcionados por um mal gerenciamento, podem causar uma série de impactos ambientais. Se forem administrados de maneira irregular podem contaminar os córregos, águas superficiais, obstruir as drenagens, colaborar para a disseminação de vetores de doenças, gerar poluição afetando a vida da sociedade.

Conforme Fernandes (2011), os altos impactos ambientais, sociais econômicos gerados pela produção exagerada de RCD e seu descarte inadequado, demonstra que alternativas eficientes de curto prazo são excepcionalmente necessárias.

A reciclagem de forma geral, é mencionada como uma solução para diminuir quantidade de resíduos dispostos nos aterros, além do aproveitamento do valor contido neles. Embora se divulgue muito sua adoção o volume de material que é reciclado ainda não alcançou níveis significativos (SEGATO; NETO, 2014).

Com relação à reciclagem dos RCD, observa-se que poucas cidades brasileiras têm tomado iniciativas nessa direção. A Resolução nº 0307 do CONAMA vem contribuir para acelerar mudanças e alterar a situação do momento, implantando medidas voltadas à reciclagem. Para a implantação de um programa de reciclagem, na fase de planejamento deve-se levantar o maior número possível de dados e informações locais (FERREIRA et al., 2014)

Fernandes (2011) explica que uma das implantações é quantificar a geração de resíduos provenientes de construções de demolições, assim é possível implantar um programa adaptado à realidade específica do município, onde o mesmo será implantado

3.3 Impactos nas condições estéticas e sanitárias do meio ambiente

O principal impacto ambiental dos RCD está relacionado ao descarte irregular, que normalmente é caracterizado por uma combinação de efeitos de degradação ambiental local. Os efeitos se multiplicam por todo o espaço urbano e são mais pronunciados nas comunidades do entorno, onde vivem populações de baixa renda (PINTO, 2000).

Segundo Santana (2016), a colocação irregular de RCDs ao longo dos cursos d'água



pode levar ao bloqueio dos sistemas de drenagem superficial e ao bloqueio dos rios, um dos componentes mais importantes dos sistemas de drenagem, criando um ambiente favorável às inundações. Essa disposição incorreta acabou resultando na necessidade de dragagem contínua do sistema de drenagem. Grandes depósitos irregulares presentes em municípios e grandes cidades estão localizados às margens de alguns córregos.

Os resíduos perigosos afetam o meio ambiente de várias maneiras, tais como: contaminação química do solo pela infiltração de substâncias tóxicas, como tintas e solventes; deterioração da qualidade do ar devido à liberação de gases tóxicos, como compostos orgânicos voláteis; contaminação de águas subterrâneas, por quais resíduos perigosos penetram no lençol freático; alterando a saúde dos trabalhadores, como inalação ou manuseio inadequado de substâncias nocivas à saúde (ARAÚJO, 2009).

3.4 Impactos na saúde da população

Segundo Schneider (2003), os RCDs dispostos inadequadamente constituem um sério descaso com a saúde pública. A quantidade de RCD acumulada em ambiente inadequado favorece resíduos inativos que pode contribuir com água, alimento e abrigo para espécies de hospedeiros patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças respiratórias, epidérmicas, viroses, entre outras relacionados à disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e doenças transmitidas.

3.5 Impactos nas atividades sociais e econômicas

Segundo Pinto e González (2005), além dos impactos negativos já mencionados, como danos ao meio ambiente e qualidade de vida, a RCD também possui custos sociais individuais ou públicos inter-relacionados. Os serviços considerados informais (reformas, ampliações e demolições) constituem uma parcela significativa da pequena quantidade de resíduos gerados.

Pinto (2000) explicou que na ausência de uma solução para capturar esses resíduos, seus geradores ou pequenos coletores procurarão áreas livres próximas para depositar RCDs. Mesmo que não haja aceitação nas proximidades, esses locais se transformam em uma poça de entulho, que por sua vez atrai qualquer lixo que não tenha uma solução regular de captura. Se o problema da cobrança frequente não puder ser resolvido, a administração pública é obrigada a implementar um procedimento corretivo.

Carvalho (2008) exemplifica essa prática, onde o carregamento de RCDs dispostos irregularmente é feito por equipamentos mecânicos com auxílio de agentes de limpeza, e caminhões transportam o material para aterro. Também observou que embora a gestão corretiva seja bem implementada, com coleta diária de lixo, é necessário que os municípios invistam recursos significativos no processo de implementação.

Alguns desses impactos são difíceis de determinar financeiramente, mas o custo

direto das atividades de limpeza urbana corretiva pode ser determinado. Detalhes como equipamentos, pessoal alocado para atividades de limpeza, aterro ou disposição, fiscalização e controle de zoonoses, etc. devem ser considerados na determinação dos custos locais (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

A parcela relevante dos custos de ações corretivas para descarte inadequado de entulho se deve ao uso de equipamentos completamente inadequados. Equipamentos pesados como carregadeiras de rodas e caminhões basculantes são frequentemente utilizados para retirar pequenas quantidades de resíduos por não haver outras opções (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

4. ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA REUTILIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo refere-se as soluções sustentáveis para reutilização e destinação dos resíduos. Segundo Ferreira e Moreira (2003) mencionam que deve haver uma necessidade de gerenciar a gestão sustentável dos resíduos sólidos urbanos para contribuir que a redução e a reciclagem tenham uma ampliação rumo a sustentabilidade.

4.1 Benefícios da reutilização dos RCC

Para Pinto (2000), a atividade construtiva se caracteriza pela enorme geração de resíduos, mas também como grande consumidora dos resíduos gerados por ela mesma.

Paiva (2005) salienta que a indústria da construção civil afeta o meio ambiente através da retirada de matéria-prima não retornável, como: areia, cal, ferro, alumínio, madeira, água potável e também a geração de entulho. Com isto, novas tecnologias da construção estão sendo criadas, entre elas: a reciclagem dos entulhos. A reciclagem é uma excelente alternativa para a redução dos impactos ambientais negativos causados por esses resíduos.

Essa alternativa apresenta vantagens em várias questões, como a redução das chances de deposição em locais inadequados e a contribuição na diminuição dos aterros de inertes. Além disso, possibilita a diminuição de custos com a destinação e o emprego de agregados reciclados, em substituição a novas matérias-primas extraídas do meio ambiente (TORRES, 2015).

Segundo John (2000), a maior contribuição ambiental que a reciclagem de RCD pode trazer é a preservação de recursos naturais, que quando substituídos por resíduos, podem prolongar a vida útil das reservas naturais e reduzir a destruição da paisagem, fauna e flora. Ressalta ainda que essa contribuição é importante mesmo onde há matéria-prima abundante, pois, a extração destas prejudica a paisagem e pode afetar ecossistemas. Outro aspecto positivo citado pelo autor é que a reciclagem motiva a geração de empregos.



A reciclagem é uma excelente alternativa para a redução dos impactos ambientais negativos causados por esses resíduos. Essa alternativa apresenta vantagens em várias questões, como a redução das chances de deposição em locais inadequados e a contribuição na diminuição dos aterros de inertes. Além disso, possibilita a diminuição de custos com a destinação e o emprego de agregados reciclados, em substituição a novas matérias-primas extraídas do meio ambiente (TORRES, 2015).

Uma parcela relevante dos gastos com ações corretivas da disposição irregular dos entulhos deve-se ao uso de equipamentos totalmente inadequados. É comum o uso de equipamentos pesados, como pás carregadeiras e caminhões basculantes, na remoção de resíduos pouco volumosos, por não haver alternativa (PINTO; GONZÁLEZ, 2005).

4.2 Processos de reciclagem de RCC

De modo geral, o processo de reciclagem dos resíduos de construção é constituído das etapas de triagem, homogeneização, trituração, extração de materiais metálicos, eliminação de contaminantes e estocagem para expedição (PINTO, 2000).

Na reciclagem de entulho são utilizados equipamentos diversos como pá-carregadeira, alimentador vibratório, britador, eletroímã para separação das ferragens, peneiras, mecanismos transportadores e eventualmente sistemas para eliminação de contaminantes. Esses equipamentos devem permitir que o processamento ocorra com minimização da geração de ruídos e materiais particulados. Deve-se, ainda, dispor de uma área suficientemente grande para armazenar os diversos tipos de entulho recebido e os vários tipos de agregados produzidos (SILVA, 2007).

De forma genérica pode-se considerar que os processos de reciclagem têm equipamentos similares aos utilizados na produção de agregados naturais. Contudo, os sistemas de reciclagem de entulho podem ser classificados em função dos critérios e do rigor usados na eliminação dos contaminantes (SILVA, 2007).

De acordo com Lima (2013), as empresas recicladoras de RCC podem ser ignoradas de duas maneiras: resultantes, quando o mercado de reaproveitáveis ainda não está consistente principalmente com a qualidade dos produtos e a experiência com o mercado de agregados com a concorrência e certificação, a disposição nas lojas de material de construção (SANTANA, 2016).

A diferença entre a indústria emergente e a madura consiste na alimentação dos RCC devido à demolição e a coleta seletiva, ou seja, a alimentação do RCC em fases perfeitamente definidas, além dos equipamentos das emergentes, as quais possuem equipamentos de meio úmido ou a ar para separação do material leve e, assim, obter uma maior limpeza do material reciclado (SILVA, 2007).

A separação do RCC na fonte geradora dos resíduos favorece muito a reciclagem e é indispensável para a obtenção de reciclados com melhor qualidade. Isto se deve ao fato de os principais condicionantes do processo de reciclagem ser a necessidade de gerar produtos homogêneos e de características adequadas, a partir de resíduos heterogêneos

e de origem bastante diversificada (JOHN; 2000).

Segundo Torres (2005) a complementação à classificação por tipo de geração, as unidades de reciclagem podem ser divididas em instalações fixas e plantas móveis. As plantas móveis são também consideradas uma opção de investimento. Elas atuam pontualmente ou simultaneamente nas áreas onde haverá grande geração de resíduos, como grandes demolições ou construções. Apesar de ter que deslocar todo o maquinário pelas regiões da cidade, o custo de transporte somado para levar os resíduos até uma planta fixa é elevado, tornando a versão móvel passível de análise.

4.3 Agregados reciclados

De acordo com Santana (2016) explica que a demanda por agregados alternativos aos de origem natural vem crescendo bastante. Dentre esses se destacam as argilas expandidas (resultantes do cozimento de lodo oriundo do tratamento de esgotos ou material argiloso especialmente preparado para esse fim), as escórias de alto-forno ou aciaria (que se constituem em rejeitos de processos siderúrgicos), as areias de britagem (oriundas de rochas para a produção de agregados graúdos) e os resíduos da construção civil (RCC)

A construção civil é um dos ramos mais antigos elaboradas pelo homem e desde o início tem sido entendida de maneira manual, o que atribui para a grande quantidade de produção de resíduos. De acordo com as primeiras informações sobre o aproveitamento de resíduos minerais datam que na época das construções das cidades do Império Romano, a primeira aplicabilidade dos agregados reutilizáveis era utilizada com a necessidade de atender a solicitação de material para a reconstrução das cidades europeias (NETO, 2005).

De acordo com Oliveira e Mendes (2008), os problemas que os RCD geram para o ambiente e a vida na sociedade são convincentes e que a melhor alternativa é alterar a matérias-primas em benefícios que possam ser reaproveitados em construção e obras de pavimentação.

4.4 Sugestões para a minimização dos impactos ambientais

De acordo com Oliveira e Mendes (2008), os problemas que os RCD geram para o ambiente e a vida na sociedade são convincentes e que a melhor alternativa é alterar a matérias-primas em benefícios que possam ser reaproveitados em construção e obras de pavimentação.

Segundo Santana (2016) algumas sugestões para o descarte dos RCDs:

- Limpeza da área utilizada atualmente pelos órgãos competentes para de-



posição final dos RCDs, visando eliminar as condições favoráveis para a proliferação de vetores de doenças;

- Criação do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, seguindo os preceitos da resolução nº 307 da CONAMA (BRASIL, 2002), com as diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos e grandes geradores. Reduzindo assim os dispêndios da prefeitura com limpeza e diminuindo o volume de RCD gerado;
- Criação de pontos de descarte regular de RCD, com o objetivo de eliminar as disposições irregulares nas ruas do município, além de possibilitar o reaproveitamento do entulho pela própria prefeitura (SANTANA, 2016, p. 48).

A Resolução CONAMA nº 307 menciona que a definição para os termos benéficos de uma ação é propor aos resíduos as operações de processos que tenham por finalidade dotá-lo de condições que seja utilizado como material reaproveitado. O aproveitamento dos RCD pode dispor de duas maneiras; reutilizável reaplicar um resíduo sem ser submetido em transformação e reciclar é o reaproveitamento de um resíduo após processo de transformação (CONAMA, 2002).

A reciclagem é uma excelente alternativa para a redução dos impactos ambientais negativos causados por esses resíduos. Essa alternativa apresenta vantagens em várias questões, como a redução das chances de deposição em locais inadequados, a contribuição na diminuição dos aterros e possibilita a diminuição de custos com a destinação (SANTANA, 2016).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A administração dos resíduos sólidos é efetuada de maneira dividida pelos órgãos públicos e particulares, que começa já na definição de construir. Os Resíduos de construção civil são formados de várias formas em construções. O desperdício e os procedimentos construtivos realizados fazem com que a maior proporção dos resíduos seja formada no período de obras de construção. Essa é uma condição séria, pois o impacto ambiental do acúmulo é dobrado pela retirada inadequada de diversos recursos naturais e uma quantidade formada que leva à exaustão de aterros sanitários.

A construção civil, por ser um ramo muito convencional e com denominação de trabalho manual, é muito sujeito a erros. As ideias apresentadas nesta pesquisa representam que no referido setor da construção civil encontra-se uma intensa geração de resíduos, por outro lado existe a ausência de políticas municipais, estaduais e federais que podem trabalhar juntos na criação de uma organização de apoio, compatível com as instituições coletoras e transportadoras de RCD. A ausência de informações da comunidade também é um motivo importante que pode opinar sobre o descarte adequado dos RCD.

O argumento para tal está relacionado com os impactos que a indústria da construção civil causa à sociedade em virtude de sua atividade, gerando e descartando seus resíduos em locais inadequados da cidade, contribuindo para a degradação do ambiente. O material gerado representa uma parcela significativa do lixo urbano, fato este, que se faz

necessária uma solução rápida e eficaz no gerenciamento desses materiais, minimizado os impactos com soluções precisas e tecnicamente corretas.

Diante do exposto, conclui-se que a utilização de ferramenta de gerenciamento viabiliza inicialmente a não geração de resíduos, posteriormente favorece a redução da geração e perdas, ao permitir que as empresas reavaliem o processo construtivo e utilizem técnicas de triagem para avaliar a destinação do resíduos, seja para ser reutilizado dentro e fora do canteiro ou ainda ser enviado para usina de reciclagem para transformá-lo em novo produto. Esse procedimento reduz o custo da construção ao atenuar o desperdício e as perdas no canteiro de obra e ainda garante a minimização de danos ao ambiente e a sociedade urbana.

Referências

- ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- AGPYAN, V. et al. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra**. In: Formoso, Carlos Torres; Ino, Akemi. Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional (Coletânea Habitar - v.2). Porto Alegre: ANTAC, 2003. p.225-249.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2002
- BRASIL. Ministério do Meio, Programa Nacional de Educação Ambiental. **Sistema Brasileiro sobre Educação Ambiental e Práticas Sustentáveis**. Brasília, 2002. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/sdi/ea/index.cfm>> (Acessado em 15 de março de 2020 às 18h50min).
- BERNARDES, A. et al. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008.
- BERNARDES, M.M.S. 2003. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro, LTC, 190 p.
- CARVALHO, E. M. **Resíduos sólidos da construção civil e desenvolvimento sustentável: modelo de sistema de gestão para Aracaju**. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.
- CIRIBELI, João Paulo; FERNANDES, Guilherme Martins. A destinação dos resíduos sólidos industriais da madeireira S/A. **Revista Gestão Empresarial**: Ubá, v. 1, n. 2, p. 1-16, jul./dez 2011. Disponível em <revista.fagoc.br>. Acesso em: 15 abril. 2022.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. 2002. **Resolução Conama nº 001**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 28 Abr 2020.
- DENARI, Caio. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em empresas construtoras**. São Carlos, 2010 Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, 2010.
- DONAT, L.M.; BECK, M.H.; TOEBE, D. 2008. Diagnóstico de Resíduos de Construção e Demolição do Município de Foz do Iguacu. In: I Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis (ELAUS), Passo Fundo, 2008. **Anais...** Passo Fundo, 2008, 10 p.
- DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.
- FERREIRA et al., Gestão de resíduos sólidos na construção civil. **Revista Pensar Engenharia**, v.2, n. 2, Jul./2014

FERNANDES, Graziella Quint. **Resíduos de construção e demolição: uma abordagem do assunto e a situação do município de Florianópolis**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Gestão de Obras e Projetos). Universidade do Sul de Santa Catarina, 2011.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DA BAHIA – FIEB. **Gestão de resíduos na construção civil: redução, reutilização e reciclagem**. Salvador: Sistema FIEB (2006). Disponível em: <http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Ge>

(Acessado em 17 de abril de 2022 às 08h41min).

GALCERAN, Bruno. **Redução do Desperdício na Construção Civil através de Técnicas Construtivas Mais Eficazes**. Belo Horizonte, Monografia (Escola de Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013

JOHN, V. M. **A construção, o meio ambiente e a reciclagem**, 2000. Disponível em: <<http://www.placogyps.com.br/download/A%20Constru%E7%E3o%20Civil%20e%20o%20Meio%20Ambiente.pdf>>. Acesso em: 15/03/2022.

KARPINSKI, Luisete Andreis. et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, **University of Stanford**, 2000. Technical Report nº 72.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001

LIMA, F. M. da R. de S. **A Formação Da Mineração Urbana no Brasil: Reciclagem de RCD e a produção de agregados**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP. 2013

LUCENA, L. C. F. L. **Verificação da influência do uso de resíduos industriais como fíler em misturas asfálticas sob o efeito da presença d'água**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NETO, José da Costa Marques. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Rima, 2005.

NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Cooperativa de Construção Civil do Estado do Ceará, Fortaleza, 2008.

OLIVEIRA, Edieliton Gonzaga de; MENDES, Osmar. 2008. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da resolução 307 do CONAMA**.

PALADINI, Edson P. **Gestão da qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços**. São Paulo, Atlas, 2007.

PAIVA, P. A.; RIBEIRO, M. S. **A reciclagem na construção civil: como economia de custos**. São Paulo, 2005

PINTO, T. P. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000

PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. (Coord.) **Manejo e gestão dos resíduos da construção civil**. Volume 1 – Manual de orientação: como implementar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005. 194p. Brasília, 2005.

SANTOS, Aguinaldo et al. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil: Manual de utilização**. Porto Alegre, 2001.

SANTANA, Izáira Cunha. **Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos de construção e demolição em Conceição do Almeida- Ba**. 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em

Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas- BA, 2016.

SILVA, A. F. F. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a CONAMA 307/2002: estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte.** Tese de Mestrado. UFMG. Belo Horizonte. 2007

SEGATO, Iulla Galdino; NETO, José Lopes Soares. **Caracterização da geração, destinação final e do gerenciamento dos resíduos da construção civil no município de Palmas – TO.** Disponível em: <http://www.cenedcursos.com.br/upload/gerenciamento-residuos-construcao-civil.pdf>. Acesso em: 10 abril. 2022.

SCHNEIDER, R. R. **Amazônia sustentável: limitações e oportunidades para o desenvolvimento rural.** Mundo banco e AMAZON (Partnership Series 1). Brasília, 64p. 2003. [CD-ROM].

SCARDOELLI, Lisiane Salerno. **Melhorias de qualidade e produtividade: iniciativas das empresas de construção civil.** Porto Alegre, 2010.

SOIBELMAN, Lúcio. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle.** 2005. Dissertação de mestrado em Engenharia. CPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, Roberto de...[et al]. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo. PINI, 2004

TORRES, L. et al. **Reciclagem de resíduos é alternativa sustentável para destinação de entulhos.** Disponível em: <<http://www.obralimpa.com.br/index.php/reciclagem-de-residuose-alternativa-sustentavel-para-destinacao-de-entulhos/>>. Acesso em: 02 abr. 2022

VIEIRA, G. L.; DAL MOLIN, D. C. C. Viabilidade Técnica da Utilização de Concretos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 47-63, dez. 2004.

CAPÍTULO 8

A IMPORTÂNCIA DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

THE IMPORTANCE OF THE SOLID WASTE MANAGEMENT PLAN

Thaynaira Moreira Araújo¹

¹ Engenharia Ambiental, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Em uma perspectiva geral, o crescimento populacional e o intenso processo de urbanização, aliados ao consumo exagerado dos recursos naturais, são uma combinação de fatores que podem conduzir a um desequilíbrio ambiental, especialmente no que se refere à geração de resíduos sólidos. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos é um modelo de gestão que orienta os profissionais e equipes da empresa a manejar e destinar de forma correta e de acordo com seus aspectos todos os resíduos sólidos gerados. Esses planos são um mapa para a empresa entender como fazer o descarte de seus resíduos e encaminhá-los para o destino correto. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar a importância do plano de gerenciamento de resíduos sólidos no meio ambiente. A metodologia aplicada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo, a busca foi realizada através dos buscadores eletrônicos, revistas científicas, monografias e teses envolvendo a temática discutida sobre engenharia ambiental. Além disso, observou-se que a lei tornou obrigatória a responsabilidade compartilhada entre diversos agentes que devem atuar na minimização dos problemas causados pelos resíduos sólidos urbanos, bem como a reinserção na cadeia produtiva desses resíduos possíveis de serem reciclados, por meio da logística reversa.

Palavras-chave: Meio ambiente. Gerenciamento. Resíduos Sólidos. Prevenção.

Abstract

In a general perspective, population growth and the intense urbanization process, combined with the exaggerated consumption of natural resources, are a combination of factors that can lead to an environmental imbalance, especially with regard to the generation of solid waste. The solid waste management plan is a management model that guides the company's professionals and teams to correctly manage and dispose of all generated solid waste in accordance with its aspects. These plans are a map for the company to understand how to dispose of its waste and forward it to the correct destination. In this context, the objective of this work is to present the importance of the solid waste management plan in the environment. 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 environmental engineering. In addition, it was observed that the law made shared responsibility mandatory among several agents who must act to minimize the problems caused by urban solid waste, as well as the reinsertion of these wastes that can be recycled into the production chain, through reverse logistics.

Keywords: Environment. Management. Solid Waste. Prevention.



1. INTRODUÇÃO

Com a rapidez do procedimento industrial, aliado ao crescimento populacional e a consequente demanda por bens de consumo, o homem produz uma grande quantidade de resíduos, que em última instância é composta por uma mistura muito complexa e diversa, cujos principais componentes são: materiais orgânicos, papel, vidro e plásticos. E outros materiais pesados que podem causar poluição do solo, da superfície e das águas subterrâneas.

Uma grande parte desses transtornos poderia ser evitado se cada empresa adotasse um plano de gerenciamento de resíduos sólidos que não fosse apenas responsável por orientar e organizar a destinação correta dos resíduos, mas também por garantir que esses materiais sejam devidamente manuseados.

O plano de gerenciamento de resíduos sólidos é um modelo de gestão que orienta os profissionais e equipes da empresa a manejar e destinar de forma correta e de acordo com seus aspectos todos os resíduos sólidos gerados. Esses planos são um mapa para a empresa entender como fazer o descarte de seus resíduos e encaminhá-los para o destino correto.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá discutir a importância do plano de gerenciamento de resíduos sólidos que tem o intuito de minimizar a produção, proporcionando aos resíduos gerados um encaminhamento seguro de acordo com um documento norteador das etapas do gerenciamento que deve ser elaborado com as características e volume dos resíduos gerados.

Os órgãos competentes têm a responsabilidade de gerenciar os resíduos sólidos, desde a sua coleta até a sua disposição final, que deve ser ambientalmente segura. Para que haja um gerenciamento correto é fundamental satisfazer as leis vigentes e as políticas públicas do meio ambiente. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: qual é a importância do plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o meio ambiente?

No objetivo geral do presente estudo foi apresentar a importância do plano de gerenciamento de resíduos sólidos no meio ambiente. Além dos objetivos específicos que é conceituar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos; apresentar as etapas de implementação do plano de resíduos sólidos e identificar a participação e controle social na implantação e acompanhamento do PGRS.

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 e Sustentabilidade (REES), 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 2020. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.

2. CARACTERÍSTICAS DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A Lei Federal nº 12.305 de 2010 estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelecendo princípios, objetivos, ferramentas e diretrizes relacionadas à gestão e gestão integrada de resíduos sólidos, responsabilidades dos produtores e governos e instrumentos econômicos aplicáveis. Além de alterar o comportamento social, a lei também visa promover a participação do poder público (BRASIL, 2010).

De acordo com a Agenda Ambiental da Administração Pública, explica que é responsável na contribuição de soluções para os problemas ambientais e busca estratégias inovadoras para repensar os atuais padrões na produção de consumo e integrar fatores sociais e ambientais. Diante dessa necessidade, os órgãos públicos são estimulados a implementar iniciativas específicas e desenvolver projetos que promovam a adoção de políticas de responsabilidade socioambiental no setor público (A3P, 2013).

2.1 Resíduos sólidos

Veiga (2014) afirmou que o crescimento acelerado dos danos ambientais muitas vezes excede a capacidade de carga da terra, resultando em muitos desequilíbrios que dificultam a implementação de medidas preventivas por diversos setores da sociedade. As sociedades nos níveis global, nacional e local, independentemente de seu poder aquisitivo, são afetadas pela degradação ambiental, especialmente para os mais pobres, cuja saúde e bem-estar são afetados de várias maneiras.

Queiroz (2010) explica que em parte as necessidades da sociedade moderna são responsáveis por certas mudanças no meio ambiente. Os resultados desse processo podem ser observados por meio de mudanças climáticas, poluição do ar e concentrações crescentes de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A acumulação de mercadorias imposta pelo próprio modo de produção requer aumento contínuo na aquisição de produtos de consumo, e o intervalo de troca de novas mercadorias está cada vez mais curto.

O uso e ocupação desordenados do solo e as mudanças nas condições naturais em escala global são diretas ou indiretamente afetadas pelo ser humano. Eles podem alterar as condições originais do meio ambiente e produzir subprodutos como resíduos sólidos. Este é o tema de muitos estudos atuais. Vale a pena prestar atenção e compreender suas mudanças no meio ambiente, especialmente no ambiente urbano (PHILIPPI JUNIOR et al., 2014)

Milaré (2014) declara ainda que o problema da gestão de resíduos sólidos está se tornando cada vez mais complexo porque reflete o estágio atual da civilização: crescimento populacional descontrolado, aumento da concentração urbana, diversidade de atividades comerciais e industriais, demanda por insumos, especialmente substituição de padrões de consumo e bens ambientais e serviços incompatíveis com a restauração natural.

No Brasil, entre as décadas de 1940 e 1970, os resíduos sólidos passaram a incorpo-



rar as discussões do governo. Esse período foi caracterizado por elevadas taxas de crescimento populacional e migração em grande escala para os centros urbanos, principalmente nas capitais e regiões metropolitanas, quando faltava infraestrutura de resíduos e serviços públicos adequados (NETO, 2013). O tema continuou a ser discutido e debatido na conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro em 1992 porque leva diretamente ao aquecimento global e às mudanças climáticas (JACOBI, 2011).

De acordo com a NBR 10004, os resíduos sólidos são definidos como semi-sólidos que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2004)

No Brasil, o tema é discutido sob múltiplas perspectivas e introduz em diversas áreas do conhecimento: saneamento básico, processos ambientais, sociais e econômicos de classificação e reciclagem de materiais inclusivos e aterros de gás-energia, que ainda estão engatinhando recentemente. Encontrar soluções para a destinação final de resíduos sempre foi um grande desafio para minimizar a poluição do solo, do ar e dos recursos hídricos (ALCANTARA, 2007).

Os serviços de gestão de resíduos sólidos incluem coleta, limpeza pública e destinação final desses materiais, que têm grande impacto no orçamento da gestão municipal, chegando de 5% a 15% das despesas municipais. Quanto menor o município, menor é a parcela do orçamento (CEPIS, 2015).

2.2 Aspectos legais

2.2.1 Legislação Federal

A história da gestão de resíduos sólidos no Brasil só começou recentemente, com o primeiro movimento em 1989 com a criação da Lei nº 354 dedicada aos resíduos sólidos. Em 1991, a lei foi aprimorada e resultou no Projeto de Lei 203 sobre o mesmo assunto. Em 2003, foi criado um grupo de trabalho interministerial de saúde para desenvolver um plano municipal de resíduos sólidos. Foi somente em 2005 que uma minuta da PNRS foi enviada à Câmara de Comércio, após várias discussões e audiências públicas resultaram em cerca de 100 projetos sobre o assunto, e somente em 2010 foi promulgada a Lei nº 12.305 (MONTAGNA et al., 2012).

A PNRS desenvolve definições, princípios, objetivos e ferramentas e orientações relacionadas à gestão integrada e gestão de resíduos sólidos, incluindo objetivos e delegação de responsabilidades a produtores, governos e outros instrumentos econômicos que possam gerar resíduos (BRASIL, 2010).

Dentre as finalidades desta lei, pode-se destacar a gestão integrada de resíduos sólidos e a não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem e destinação final de resíduos sólidos, bem como a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos. Dentre suas ferramentas, merecem destaque aquelas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto, como programas de resíduos sólidos, coleta seletiva, educação ambiental e sistemas de logística reversa (BRASIL, 2010).

De acordo com os artigos 20 e 21 da Lei 12.305 descrevem quem precisa desenvolver um plano de resíduos sólidos e divulgar o conteúdo mínimo que um plano de RS deve conter. Como o objetivo geral deste trabalho é criar o PGRS, estes artigos irão focar mais no planejamento da gestão de resíduos sólidos, que é a base de toda gestão de resíduos em instituições públicas e privadas (BRASIL, 2010).

O Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituiu o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Gestor para Implantação do Sistema de Logística Reversa e fazer outras providências, vai apresentar ferramentas, acordos setoriais, regulamentações governamentais e cláusulas de compromisso para implementação da logística reversa. A logística reversa pode ser definida por PNRS.

instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, p.25).

Também trata da coleta seletiva inclusiva, e no artigo 11, o decreto enfatiza a inclusão de catadores, incentiva a possibilidade de dispensa de licitação para contratação de cooperativas ou associações de catadores, ações de capacitação, incubação e fortalecimento institucional dessas cooperativas, além de condições de trabalho dos catadores (BRASIL, 2010).

O Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006, dispõe sobre a separação dos resíduos recicláveis descartados direta e indiretamente pelos órgãos e entidades da administração pública federal das associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis na origem e destino.

Embora seja um decreto válido de uma agência federal, como parte da administração pública estadual, a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento é uma parte indireta da administração pública federal. O material reciclável de qualquer órgão federal, estadual ou municipal é um item de valor público e deve ter destinação social e ambientalmente adequada, atendendo aos critérios técnicos apresentados na Tabela 1(CASAN, 2018).

Para que os serviços relacionados com os resíduos sólidos urbanos e a garantia de que a sua disposição final seja feita corretamente, é necessária a consolidação da gestão e do gerenciamento do lixo municipal, principalmente, por parte das prefeituras municipais atendendo.

Para que esses sistemas tenham um bom desempenho, em primeiro lugar, depen-

dem da organização do sistema de limpeza urbana. É necessário que esta atividade seja planejada de acordo com critérios técnicos e econômicos definidos a partir do porte e das características próprias de cada município (FEAM, 2012).

NBR 10004/2004	dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos;
NBR 12235/1992	dispõe sobre o armazenamento de resíduos sólidos perigosos
NBR 9191/2002	trata dos sacos plásticos para o acondicionamento de lixo - Requisitos e métodos de ensaio;
NBR 7500/2013 e 7501/2011	dispõem sobre o transporte e armazenamento de materiais;
Resolução CONAMA 307/20025	estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Nesta resolução consta que o gerador deve ser o responsável pelo gerenciamento desses resíduos, devendo segregar e encaminhar para reciclagem e disposição final adequada. As áreas destinadas para a disposição final deverão passar pelo processo de licenciamento ambiental e serão fiscalizadas pelos órgãos ambientais competentes.
Resolução CONAMA 275/2001	Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos (Fonte: Resolução CONAMA 275/2001Tabela 1), a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

Tabela 1: Normas Técnicas
Fonte: Rodrigues (2015)

E o caminho para se atingir esse objetivo é o da construção de sistema integrado, participativo, com responsabilidade compartilhada, definição de metas e indicadores dos critérios técnicos que permitem acompanhamento, revisão periódica, buscando formas de incentivo a não geração, à redução e à requalificação dos resíduos como materiais para reutilização e reciclagem, restando apenas como rejeito aquilo que realmente não puder ser reaproveitado.

2.2.2 Legislação Municipal

Lei nº 3.824, de 25 de agosto de 2010 é especificado um esquema de separação de resíduos sólidos que deve ser dividido em três categorias.

- I - Lixo seco.
- II - Lixo Orgânico.
- III - Lixo de banheiro e seus similares

No entanto, a cidade não coleta especificamente resíduos orgânicos, o que não é propício para a separação do ato complementar nº 60 de 11 de maio de 2000.

2.3 Gerenciamento integrado de resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos de 2010 introduziu em sua definição o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos: uma série de ações voltadas à busca de soluções para os resíduos sólidos, levando em conta os controles políticos, econômicos, ambientais, culturais e sociais e a premissa do desenvolvimento sustentável.

Castilhos Jr et al. (2013) acrescentam que na gestão integrada de resíduos sólidos urbanos, deve abranger todas as etapas desde a não geração até a disposição final, e suas atividades são compatíveis com as de outros sistemas de saneamento e são essenciais para a participação ativa e cooperativa. Importantes primeiro, segundo e terceiro setores (governo, iniciativa privada e sociedade civil organizada, respectivamente).

Nesse sentido, a gestão integrada se manifesta não apenas nas ações do poder público, mas também nas ações de outros sujeitos envolvidos na gestão, populações, comprometidas com a separação familiar e acondicionamento adequado; grandes produtores, responsáveis por seus próprios rejeitos, (uma logística reversa); catadores, organizados em cooperativas; instituições que lidam com saúde, separação adequada de resíduos perigosos e comuns; prefeituras atuando como gestores de sistemas integrados por meio de seus agentes, instituições e empresas contratantes (IBAM, 2010).

Segundo Montagna et al. (2012), as etapas de manejo a serem seguidas são basicamente: geração, isolamento, embalagem, coleta, armazenamento, transporte, manuseio e disposição final. Gomes e Castilho (2017) propõem as seguintes etapas segregação, coleta, manuseio e embalagem, transporte, armazenamento, transbordo, triagem e manuseio reciclagem, comercialização e destinação final.

3. AS ETAPAS DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

3.1 Plano de gerenciamento dos resíduos sólidos

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente:

Plano de gestão é um documento que apresenta o estado atual do sistema de limpeza de uma cidade, pré-selecionando as alternativas mais viáveis e estabelecendo ações e diretrizes abrangentes nos aspectos ambientais, econômicos, financeiros, administrativos, técnicos, sociais e desde a geração até a destinação final. Todas as etapas da gestão de resíduos sólidos são legais (BRASIL, 2010, p. 26).

Entendendo a definição para todo e qualquer resíduo sólido gerado, um PGRS pode ser pensado como um documento que descreve um diagnóstico do local de estudo e define metas e planos de ação para estabelecer a gestão dos resíduos desde sua produção até a destinação final, traçando a redução de sua geração e requer comprometimento da gestão. Esse compromisso é condição necessária para uma efetiva política de responsabilidade socioambiental, que inclua a gestão de resíduos sólidos como questão fundamental



(MMA, 2014). A Lei nº 12.305/2010 determina quais tipos de geradores de RS devem elaborar planos de gerenciamento apresentados na Figura 1.



Figura 1: Geradores sujeitos a elaboração do PGRS
Fonte: MMA (2014)

O PGRS deve assegurar que todos os resíduos serão gerenciados de forma apropriada e segura de acordo com o manejo adequado, seguindo uma hierarquia da não geração de acordo com a Figura 2.



Figura 2: Hierarquia das ações do manejo de resíduos sólidos
Fonte: MMA (2014)

O PGRS faz parte dos instrumentos da Lei 12.503/2010, e nele deve conter um conteúdo mínimo descritos nesta mesma lei:

- Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados, incluindo a origem, volume e características dos resíduos, incluindo as responsabilidades ambientais a ele associadas;
- Cumprir as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, SNVS, se houver, do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais;
- Determinar alianças ou compartilhar soluções com outros geradores;
- Ações preventivas e corretivas a serem tomadas em caso de gestão incorreta ou acidente;
- Os objetivos e procedimentos estão relacionados às especificações de reutilização

e reciclagem estabelecidas pelos órgãos Sisnama e SNVS.

Junior (2018) comenta que quando uma empresa implementa o PGRS, é necessário ajustá-lo para seguir os mesmos princípios e manter a continuidade. Portanto, o plano conterá uma descrição da empresa, um diagnóstico, a definição de um dono do processo, a definição de uma solução a ser compartilhada com os agentes externos de coleta, metas para minimizar a geração de resíduos sólidos, a efetividade e continuidade de um programa de conscientização e programa de treinamento de funcionários e supervisão. Educação ambiental, coleta seletiva e os 3Rs (reduzir, reutilizar e reciclar) serão temas desta metodologia do PGRS.

Floriano (2014) define educação ambiental (EA) como uma ferramenta no processo de gestão integrada de resíduos, pois, conforme mencionado anteriormente, a realização da gestão integrada requer a participação de diversos setores da sociedade. Em cenários de negócios, os funcionários precisam estar totalmente envolvidos no processo para assumir um compromisso com a eficácia e a continuidade da gestão. Para isso, devem ser educados na proteção ambiental, ou seja, ajudá-los a adquirir boas práticas ambientais, melhorando assim a qualidade de vida coletiva.

O uso racional de recursos naturais e bens públicos significa utilizá-los de forma econômica e sem desperdício (MMA, 2014). Para tanto, é necessário incluir um programa eficaz e de fácil absorção no programa de gestão integrada de resíduos sólidos, e a 3R tem contribuído nesse sentido. A coleta seletiva é fundamental para a sustentabilidade do GRS, na medida em que a segregação maximiza o potencial de valorização e reaproveitamento dos resíduos explorados e minimiza a quantidade de material descartado (MONTAGNA, 2012).

Além disso, não é apenas uma ferramenta específica para incentivar a redução, reutilização e separação de materiais reciclados, mas também busca a mudança de comportamentos, principalmente em relação aos resíduos inerentes às sociedades consumidoras (RIBEIRO, 2010).

3.2 Legislação de resíduos sólidos

No Brasil, o tratamento de produtos considerados obsoletos e resíduos industriais destinados a locais inadequados é a força motriz para o desenvolvimento e implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A política impõe severas sanções aos atores da cadeia produtiva caso as empresas não descartem os resíduos em local apropriado (PEREIRA; SILVEIRA, 2014).

Koga et al., (2014) destacaram que após a aprovação da PNRS pelo Legislativo brasileiro em 2010, os diversos atores responsáveis pelo consumo, produção e controle de resíduos sólidos foram classificados e responsabilizados caso não cumprissem os devidos termos que permanecem inalterados, de modo que empresas, governos e os próprios cidadãos têm a obrigação de facilitar ações conjuntas para reduzir, destinar e acondicionar adequadamente esses resíduos.

Souza et al (2010) destacando o entendimento sobre a elaboração da legislação de resíduos, observando que foram aproximadamente 20 anos de debate até que a Lei Federal nº 12.305/2010 fosse ratificada, e todos eram obrigados a cumprir os termos da lei.

A Lei Federal nº 12.305/10 prevê um prazo para que as empresas se adaptem à nova legislação, após o término desse prazo em agosto de 2012, as empresas com mais recursos financeiros utilizam os profissionais e consultores mais conhecidos do mercado e desenvolvem planos de resíduos sólidos gestão (FILHO; SOLER, 2012).

Para desenvolver um plano de gerenciamento de resíduos sólidos, é necessário reunir informações do processo de fabricação. No entanto, para MPE, devido à sua especificidade, proprietários, gestores e funcionários devem processar, controlar, registrar e divulgar informações sobre a produção e gestão de resíduos sólidos (FILHO; CALDAS, 2018).

A elaboração de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos por uma empresa envolve o entendimento conforme a Lei nº 12.305/10 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) na qual pode ser incluído como obrigação da empresa:

- Qualificações técnicas para a elaboração de planos de gestão de resíduos sólidos determinados ao abrigo da Lei de Resíduos Sólidos, artigo 22.º;
- Notificação da gestão de resíduos sólidos às autoridades competentes, artigo 8º;
- Controle de resíduos gerados e removidos por outras empresas, Art. 27;
- Conhecimento dos resíduos gerados e coletados pelos órgãos públicos, Art. 27;
- A empresa deve produzir produtos com ciclo de vida mais longo, Art. 3º;
- Deve utilizar embalagens que possam ser devolvidas ao ciclo de produção, Art. 32;
- Reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados a partir dele, Art. 9º;
- Reduzir a quantidade de resíduos sólidos assim gerados, Art. 3º;
- Reduzir a quantidade de resíduos sólidos assim gerados, Art. 3º;
- As empresas podem solicitar incentivos financeiros ou financeiros concedidos por órgãos governamentais para implementação de planos de gestão de resíduos sólidos, artigos 42 e 44;
- Elaborar um plano de gestão de resíduos sólidos, artigos 1º e 20º;
- Dar destinação adequada para seus resíduos sólidos sem afetar o meio ambiente, Art. 3º;
- Elaboração de checklists para o sistema de declaração anual de resíduos sólidos, Art. 8º;
- Conhecer a classificação dos resíduos sólidos que gera, Art. 13;
- Compreender as etapas necessárias para desenvolver um plano de gestão de resíduos sólidos, artigo 21;
- Possibilidade de uma empresa ser incluída no plano de gestão de resíduos sólidos de outra empresa, artigo 20.

4. AVALIAÇÃO DOS ARTIGOS

4.1 O controle social

O Poder Constitucional originário previu explicitamente o controle social como forma de controle das atividades estatais, e é preciso concordar com Siraque (2019, p. 32) que o controle social se baseia nos princípios republicanos protegidos pela CRFB/88:

[...] O controle social das funções executivas do Estado é uma consequência necessária, imediata e inevitável dos princípios republicanos que fundamentam nosso sistema constitucional. E, mais importante, vem da ideia de soberania popular, que dita que os gestores devem ser responsabilizados nos poderes legislativo, judiciário e executivo, mas, mais importante, perante o próprio povo por suas ações e omissões - a responsabilidade do verdadeiro portador público.

Regulamentos sobre o meio ambiente, art. O artigo 225 da CF/88 atribui aos “poderes públicos e comunidades” a responsabilidade de proteger e defender o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado (MIRRA, 2011, pp. 114-115).

No âmbito do meio ambiente, a responsabilidade da comunidade de defender e manter efetivamente a qualidade do meio ambiente, como já mencionado, pressupõe o envolvimento de indivíduos, diversos grupos sociais e entidades e instituições representativas na preservação desse patrimônio que diz respeito a todos. De fato, uma responsabilidade tão significativa não pode ser cumprida sem envolver as pessoas, individual ou coletivamente, em decisões que possam ter impacto sobre o meio ambiente (PEREIRA; SILVEIRA, 2014).

O cumprimento desse dever fundamental (MIRRA, 2011, p. 112) envolve, portanto, a participação pública nos processos decisórios relacionados ao meio ambiente e o exercício do controle social, conforme previsto na legislação constitucional. A efetivação do direito ambiental ao equilíbrio ecológico deve ser objeto de controle coletivo ou social, especialmente a formulação, implementação e avaliação de políticas públicas relacionadas a esse direito. A CRFB/88 como um todo legitima e faz cumprir essa obrigação

Por seu turno, a Lei nº 12.305/2010, em seu art. 3º, VI, disciplina controle social no campo da PNRS como sendo

um conjunto de mecanismos e procedimentos para garantir a informação e a participação da sociedade no processo de formulação, implementação e avaliação de políticas públicas relacionadas aos resíduos sólidos (BRASIL, 2010, p.25).

O conceito de controle social aqui estudado será aplicado à Lei 12.305/2010, razão pela qual será baseado em sua definição legal. Em vista dessa definição, ultrapassando as limitações anteriores da legislação ordinária apenas conferidas às suas funções fiscalizadoras, o controle social também afetará o processo de formulação de políticas públicas no futuro, e a sociedade se compromete a zelar pelo correto cumprimento das leis que lhes dizem respeito (BRASIL, 2010).

Assim, o controle social baseia-se na obrigação de ser fiel às disposições de políticas públicas pré-estabelecidas, sejam elas impostas por lei, quando promulgadas, ou em relação ao respectivo processo decisório, quando implementadas e avaliadas.

No entanto, a participação em massa não se dá de forma unificada ou conectada: todos os grupos que existem na sociedade, majoritários ou minoritários, representam diferentes tendências raciais, religiosas, filosóficas, sexuais ou ideológicas, enfim, todos são livres para atuar em expressar suas opiniões e preferências e perseguem seus objetivos no processo legislativo.

Rizzo Junior (2018) diz que no processo de formulação de políticas públicas ambientais específicas, indivíduos ou grupos também podem se opor a outros indivíduos ou grupos que assumem a tarefa de controle social sobre esse processo decisório quando exercem legalmente o direito à participação pública. As razões para essas possíveis divergências são simples: o exercício generalizado da participação pública pressupõe a preservação de interesses legítimos, que podem entrar em conflito com as regras e princípios da política pública no âmbito legislativo; quando a participação popular é realizada em nome do controle social, a tarefa assumida será inevitavelmente limitada por essas regras e princípios.

Em suma, no processo de exercício do direito de participação pública, em sentido amplo, é lícito resguardar os próprios interesses, mesmo que contrarie os preceitos da legislação ambiental. O controle social, por outro lado, caracteriza-se por sua fidelidade a essa legislação (SAMPAIO, 2015).

A Lei nº 12.305/2010 estabelece em diversos artigos a implementação da inclusão de cooperativas ou associações de catadores na PNRS. Entre eles, cabe à prefeitura determinar os direitos de uso prioritário dos recursos da coalizão, “implantar a coleta seletiva com a participação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis compostos por cooperativas ou outras formas de pessoas de baixa renda”. 18, § 1, II). Os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis devem, portanto, ser chamados a realizar a fiscalização social no âmbito federal, desde a formulação de suas respectivas políticas públicas até sua implementação e avaliação (BRASIL, 2010).

A fronteira do controle social é entendida como seu efeito na tomada de decisão da administração pública como um controle ao qual o próprio controle social deve obedecer, de modo que sua atividade última não seja objeto de falsa representação ou falsa orientação (SAMPAIO, 2015).

Rizzo Junior (2018) explica que na esfera política, a participação popular assumiu, em alguns casos, uma função deliberativa suficiente. É o que acontece refere-se ao processo legislativo é definido de forma obrigatória por escolhas feitas pela sociedade através do voto da maioria dos cidadãos.

As funções desempenhadas pelo controle social permitem que ele influencie os gestores públicos de forma mais vinculante. Quando exercido legalmente, o controle social é um lembrete constante aos gestores da necessidade de serem fiéis à política pública que afeta, seja na formulação, implementação, avaliação ou monitoramento. É por isso que a participação popular, expressa em nome do controle social, continua desempenhando um

papel de monitoramento nessa tarefa. Como o controle social, em teoria, busca sempre o pleno e correto cumprimento das políticas públicas legislativas, também, em teoria, satisfaz plenamente as condições para ordenar a administração pública e, portanto, a execução dos indivíduos relacionados de alguma forma à PNRS (FLORIANO, 2014).

4.2 Âmbito de incidência do controle social na PNRS

O Controle Social na Elaboração de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos, a Lei nº 12.305/2010, dá especial atenção à formulação prévia e detalhada de políticas públicas ambientais a serem seguidas pelos entes federativos em todos os níveis antes de sua implementação (BRASIL, 2010).

Na Lei nº 12.305/2010, a tarefa de formular as políticas públicas correspondentes deve ser compartilhada com a sociedade por meio do controle social. Ainda, o único parágrafo sobre a elaboração do plano de resíduos, o art. O artigo 14 da Lei nº 12.305/2010 prevê expressamente assegurar ampla divulgação do conteúdo dos programas de resíduos sólidos e determinar a incidência do “controle social no desenvolvimento, implantação e implementação” (BRASIL, 2010).

Segundo Siraque (2019) o controle social deve ser exercido na elaboração de todos os tipos de planos de resíduos, inclusive para microrregiões, regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, não podendo esse trabalho ser realizado apenas pelo estado responsável por esses planos e pelos municípios que devem intervir.

No contexto da PNRS, o art. Artigo 8º O artigo XIV da Lei nº 12.305/2010 estabelece como um de seus instrumentos “Órgãos colegiados municipais de controle social dos serviços municipais de resíduos sólidos”. Dessa forma, propõe-se a criação de um colegiado municipal para o controle social da política municipal de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Segundo Machado (2013, p. 661): “A lei não tem palavras inúteis, por isso é preciso atentar para a força da palavra ‘mobilização’, ou seja, estimular ou convocar a população a vir e participar Mobilização significa, entre outras coisas, , também tem o significado de “chamar (as pessoas) para participar de atividades sociais, políticas ou outras, motivando-as com entusiasmo, vontade, etc.”

Portanto, os entes públicos devem proporcionar um ambiente que permita a participação efetiva da sociedade na elaboração dos planos de resíduos. Apenas promover sua elaboração não é suficiente para descrever a mobilização. Deve ser defendido, demonstrar a importância do planejamento de resíduos, informar a sociedade antecipadamente por todos os meios disponíveis aos órgãos públicos e criar um ambiente envolvente, de fácil compreensão e acesso.

O Poder Executivo Federal regulamenta a Lei nº 12.305/2010 por meio do Decreto nº 7.404/2010, instituindo a Comissão Interministerial de Política Nacional de Resíduos Sólidos, que, como o próprio nome sugere, é composta apenas por representantes em nível ministerial, que tem por finalidade, dentre outras coisas, “formular e avaliar a política nacional de resíduos sólidos. Implementação do Programa de Resíduos Sólidos” do Artigo

4º Inciso II. Ao criar um comitê aberto à sociedade, perde-se a oportunidade de democratizar esse processo decisório. Assim, os meios de participação pública e controle social foram concluídos durante as audiências e consultas públicas para a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Embora se mencione que o controle social atinge todos os tipos de programas, não podem ser excluídos os programas de gestão de resíduos sólidos que são de responsabilidade dos respectivos produtores. O desenvolvimento de tais planos faz parte mais apropriadamente da fase de implementação da PNRS e está diretamente relacionado ao princípio da responsabilidade compartilhada. Portanto, tanto a obrigatoriedade da formulação desses planos quanto sua correta implementação podem ser objetos de controle social (HOUISS; VILLAR, 2010, p. 1939).

Mirra (2011) diz que os instrumentos apropriados para o exercício do controle social na implementação de políticas públicas são as consultas e audiências públicas, que facilitam a participação nos processos decisórios e de formulação de políticas. No entanto, a implementação exige uma fiscalização constante das funções executivas estaduais, para as quais as consultas e audiências não são muito eficazes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia adotada para o levantamento das informações bem como para identificar a importância do plano de gerenciamento de resíduos sólidos 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 gerenciamento de resíduos sólidos.

A geração de resíduos sólidos vem sendo um problema global, ocasionado por mudanças nos padrões de consumo dos indivíduos. O desenvolvimento industrial e os avanços tecnológicos provocaram alterações na quantidade e na composição desses resíduos, exigindo das administrações públicas maiores eficiências na prestação dos serviços de limpeza e manejo de resíduos.

Por este trabalho, pode-se ter uma pequena ideia de quanto estão avançados os conhecimentos de gestão na área de resíduos sólidos, uma maneira utilizada para evitar que o cenário de degradação causado pela ineficiência das organizações e se repita ou para que se torne cada vez menos frequente no território brasileiro

Foi possível entender que a lei tornou obrigatória a responsabilidade compartilhada entre diversos agentes que devem atuar na minimização dos problemas causados pelos resíduos sólidos urbanos, bem como a reinserção na cadeia produtiva desses resíduos possíveis de serem reciclados, por meio da logística reversa.

Portanto, frente ao exposto, é importante se ter uma estratégia de preservação do meio ambiente, assim como de promoção e proteção da saúde, quando são acondicionados em aterros, os resíduos sólidos podem comprometer a qualidade do solo, da água e

do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, e conter metais pesados e além desses impactos mais imediatos no ambiente, a disposição de resíduos sólidos pode contribuir de maneira significativa com o processo de mudanças climáticas.

Referências

ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **Resíduos Sólidos–Classificação**. NBR 10004. 2014

A3P. **Agenda ambiental na administração pública**. 2013. Brasília. Disponível em: <http://ww.mma.gov.br/responsabilidadesociambiental/a3p/item/8852>. Acesso em 20 de março de 2021

ALCÂNTARA, P. B. **Avaliação da influência da composição de resíduos sólidos urbanos no comportamento de aterros simulados**. Tese (doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco. 2007. Recife - PE, 364 fls.

BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 02 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 25 de março de 2022

BRASIL. Congresso. Senado. Decreto nº 7.404, de 2010. Regulamenta a Lei n.º 12.305, de 2010. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, de 2 de ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 02 de abril de 2022

CASTILHO JR, Armadno Borges de et al., **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, 2013

CASAN. **Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**. Disponível em <https://www.casan.com.br> Acesso em 02 de abril de 2022.

CEPIS. 2015. **Evaluacion Regional de los Servicios de Manejo de Resíduos Sólidos Municipales**. CEPIS: Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental e Ciências do Ambiente. OPS-OMS. www.cepis.ops-oms.org

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Como destinar os resíduos urbanos**. Belo Horizonte: FEAM, 2012

FLORIANO, Eduardo Pagel. **Planejamento Ambiental**. Santa Rosa, ANORGS: 2004. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/planejamento.pdf> Acesso em 20 de abril de 2022

GOMES, Pedro Roberto; CASTILHO, Gina Rizpah. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.25, n.71. São Paulo Jan/Abr 2017.

HOUAISS, Antonio; VILLAR, Mauro de Salles. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010

IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal, 2010. 200p

JACOBI, P.R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados** 25 (71), 2011.

JÚNIOR, Laerte Scanavaca. **O Lixo e a necessidade de reduzir, reutilizar, reciclar e repensar**. 2018 Embrapa. 8p. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/506.pdf>.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito à informação e meio ambiente**. São Paulo: Malheiros, 2013.

MILARÉ, E. **Direito do ambiente**, 9ª Ed. rev. Atual. E ampl. São Paulo. Editora: revista dos tribunais, 2014.

MIRRA, Álvaro Luiz Valery. **Participação, processo civil e defesa do meio ambiente**. São Paulo: Letras Jurídicas, 2011



MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos** – Instrumento de Responsabilidade Socioambiental Administração Pública. 5ª Ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2014.

MONTAGNA, André et al. **Curso de Capacitação/Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**: planejamento e gestão. Florianópolis: AEQUO, 2012

PHILIPPI JR, A. ROMÉRO, M.A., BRUNA, G.C. **Curso de Gestão Ambiental**. 2 ed. Atualizada e ampliada. Barueri. Manole, São Paulo, 2014.

QUEIROZ, José Henrique Penido [et al/]. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2010.

RIBEIRO, T.F. **Coleta Seletiva de Lixo Domiciliar**: Estudo de casos. Caminhos de geografia. Revista On-line. Programa de Pós-graduação em Geografia, UFU, Uberlândia, 2010.

RIZZO JUNIOR, Ovidio. **Controle social efetivo de políticas públicas**. 207 f. Tese (Doutorado em Direito Econômico e Financeiro). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RODRIGUES, Taiana. **Análise das Características que influenciam no surgimento dos Resíduos Sólidos Urbanos na rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio do Meio, município de Florianópolis/SC**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. 125p.

SAMPAIO, Rômulo Silveira da Rocha. **Direito ambiental**: doutrina e casos práticos. Rio de Janeiro: Elsevier : FGV, 2015

SIRAQUE, Vanderlei. **Controle social da função administrativa do Estado**: possibilidades e limites na Constituição de 1988. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

VEIGA, T.B. **Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde urbana**. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública), Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 2014. São Paulo - SP, 263 fls.

Engenharia Civil



CAPÍTULO 9

IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL

IMPORTANCE OF GEOLOGY IN CIVIL ENGINEERING

Lucas de Jesus Lindoso Teixeira¹

Jose Carlos Gaspar Junior²

1 Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professor, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Este trabalho tem como objetivo ressaltar a importância do uso dos conhecimentos geológicos na construção civil, tendo em vista os diferentes solos existentes e recursos naturais. Sendo necessários, portanto, para identificar o solo, o estudo e aplicação das técnicas específicas a cada solo a ser trabalhado pelo profissional da construção civil em determinada obra para garantir sua segurança utilizando alguns instrumentos, entre eles a mecânica dos solos, sondagens e fundações. Além de utilizar recursos naturais como matéria-prima para materiais de construções. Para a elaboração do trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada em Artigos e Dissertações. Foi realizado, levantamento de informações de trabalhos feitos nos últimos 50 anos. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura. Ou seja, trata-se de um estudo teórico, qualificativo, compreendendo as publicações encontradas, com o objetivo de aprender, assimilar e analisar sistematicamente a literatura indicada para o desenvolvimento deste TCC. No que diz respeito à Construção Civil, a Geologia tem aplicação muito relevante quanto a análise da composição como um todo, desde o relevo do local, descoberta e compreensão de efeitos naturais, à escolha dos materiais de construção dimensionados de acordo com seu objetivo final.

Palavras-chaves: Geologia. Engenharia Civil. Materiais. Construção. Solos.

Abstract

This work aims to emphasize the importance of using geological knowledge in civil construction, considering the different existing soils and natural resources. Being necessary, therefore, to identify the soil, the study and application of the specific techniques to each soil to be worked by the civil construction professional in a certain work to guarantee its safety using some instruments, among them the mechanics of the soils, soundings and foundations. In addition to using natural resources as raw material for building materials. For the elaboration of the work, a bibliographic research was carried out based on Articles and Dissertations. A survey of information from work carried out in the last 50 years was carried out. The type of research carried out in this work was a Literature Review. In other words, it is a theoretical, qualifying study, comprising the publications found, with the aim of systematically learning, assimilating and analyzing the literature indicated for the development of this TCC. With regard to Civil Construction, Geology has a very relevant application regarding the analysis of the composition as a whole, from the relief of the site, discovery and understanding of natural effects, to the choice of construction materials dimensioned according to its final objective.

Keywords: Geology. Civil Engineering. Materials. Construction. Soils.



1. INTRODUÇÃO

A utilização dos conhecimentos geológicos é indispensável no ramo da Construção Civil, tendo em vista que para se obter êxito, é necessário que engenheiros, juntos aos geólogos, trabalhem em sintonia. Vale ressaltar que as características físicas, morfológicas e geológicas de um determinado terreno garantem a segurança no desenvolvimento de projetos, evitando problemas futuros que possam ser causados pelo mal levantamento de dados relacionado ao ambiente. A Geologia é a área que tem seu objeto de estudo a estrutura da terra, sua composição e seus componentes em substâncias, sendo uma das principais ciências físicas naturais, utilizada na construção civil como meio de preparo do solo a partir de dos conhecimentos das propriedades físicas e morfológicas dos minerais que compõem o solo.

A geologia como ciência que estuda a composição do solo, analisa este processo de maneira ampla e diversificada com vários métodos diferentes que podem surgir a partir de abalos sísmicos e ventos. Considerando a importância da utilização e aplicação dos princípios geológicos no ramo da construção civil, como aplicar os conhecimentos teóricos e práticos da geologia na engenharia civil? Neste trabalho, está descrito a maneira que engloba a Geologia e Engenharia Civil utilizando rochas e depósitos naturais de sedimentos como materiais de construção, além da confecção de concreto, blocos para revestimento de fachada, e aplicação de matérias pedogênicas para proteção de taludes e contenções.

Portanto, este projeto tem por objetivo ressaltar os conhecimentos geológicos na construção civil, evidenciando suas aplicações no dia a dia de uma obra, para que esta seja segura e sustentável. Para a elaboração do trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada em Artigos e Dissertações. Foi realizado, levantamento de informações de trabalhos feitos nos últimos 50 anos. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, trata-se de um estudo teórico, qualificativo, compreendendo as publicações encontradas, com o objetivo de aprender, assimilar e analisar sistematicamente a literatura indicada para o desenvolvimento deste TCC, a fim de desenvolver o tema da pesquisa e fundamentar as hipóteses.

O estudo é baseado em uma pesquisa bibliográfica e revisão narrativa de literatura. Foram selecionados artigos obtidos em aspectos de dados eletrônicas, Scielo, Google Scholar e outros sites, certo como livros e autores de pesquisas sobre o tema. Palavra-chave: Geologia, Engenharia Civil, Materiais, Construção, Solos.

2. ESTUDO GEOLÓGICO

Geologia é a ciência que engloba todo o estudo da terra. A origem da palavra é grega. Onde: "geo" significa terra e "logos" significa estudo/conhecimento. A geologia é dividida em duas grandes áreas específicas: a Geologia Física e a Geologia Histórica. A Geologia Física estuda a composição da Terra em termos dos materiais que a compõem, isto é, os minerais e rochas, bem como os principais processos que operam em seu interior e superfície (CAETANO, 2011).

Langer (1990), admite três fases no desenvolvimento da geologia de engenharia. Em 1874 introduziu-se o termo geologia de engenharia na Áustria. Na primeira fase, as pesquisas e tomadas de posição eram puramente geológicas. No Brasil esta fase perdurou alguns anos após a II Grande Guerra. Os programas de ensino seguiam esta orientação geral, a de posições puramente geológicas.

A construção de grandes barragens sobre derrames basálticos pouco conhecidos, como Jupia e Ilha Solteira, os trabalhos do IPT, a Associação Paulista de Geologia Aplicada - APGA a qual deu origem a ABGE, marcam esta fase no Brasil. Os trabalhos de geologia dedicam-se à viabilidade e eficiência dos projetos. Os programas de ensino de geologia aplicada ou geologia de engenharia passam a mostrar a importância das feições geológicas em cada tipo de obra além do conhecimento básico da geologia. Procura-se também, nesta disciplina, assimilar a linguagem da engenharia (FILHO, 2012).

Por isso a ABGE, bem ora usando a sigla que a identifica, passou a se chamar Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Esta fase que estamos vivendo é marcada pelos licenciamentos ambientais além dos estudos de viabilidade e eficácia. Os programas de geologia de engenharia além das características da segunda fase iniciam uma orientação sobre os impactos ambientais que as obras podem causar. O surgimento recente da Engenharia Ambiental deverá gerar uma divisão de tarefas entre engenheiros civis e ambientais (FILHO, 2012).

Solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da Terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre. Em sua parte superior, limita-se com o ar atmosférico ou águas rasas. Lateralmente, limita-se gradualmente com rocha consolidada ou parcialmente desintegrada, água profunda ou gelo. O limite inferior é talvez o mais difícil de definir. Mas, o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo (IBGE, 2007).

Portanto, a partir dessa definição, percebemos que o solo se constitui como um conjunto de material mineral e orgânica resultado da intensa interação entre distintos fatores com o material rochoso, produzindo um material inconsolidado, propício para o crescimento e desenvolvimento de plantas terrestres. O processo U3 - Geologia de engenharia e hidrogeologia 115 de formação do solo é denominado de pedogênese, o qual envolve uma série de fatores que conduzem à uma diferenciação vertical das camadas de solo, desde a base, onde situa-se a rocha sã (inalterada), até a superfície, onde encontram-se a matéria orgânica (microrganismos vivos e mortos, restos vegetais, etc.) e o material mineral (TEIXEIRA et al., 2008).

Quando a água em contato com minerais em algumas rochas, dá origem a ácidos, que provocam a corrosão. Segundo Teixeira, W. et al. (2008, p. 63) "A rocha que dá origem ao solo é denominada de rocha matriz. Em situações específicas do clima (pressão, umidade, temperatura) cada rocha dá origem a um tipo específico de solo. Os solos encontrados na superfície da Terra apresentam grande diversidade em função das diferentes combinações de seus fatores de formação."

A construção civil e o desenvolvimento econômico estão intrinsecamente ligados à



indústria da construção, que promove incrementos capazes de elevar o crescimento econômico. Essencial ao mundo moderno, atuando inclusive como indicativo da situação da economia brasileira, a construção civil também depende diretamente dos recursos minerais, aparecendo como uma das áreas que mais extraem recursos da natureza (TEIXEIRA, 2010).

A mineração pode ser definida como a extração de minerais valiosos existentes nas rochas da crosta, sendo uma atividade econômica denominada indústria extrativista mineral ou indústria de produtos minerais. Essa atividade é uma das ações identificadas como prejudicial ao meio ambiente, pois sabe-se que seja qual for o tipo de mineração, mesmo que seja de pequeno porte, causa danos, muitas vezes irreversíveis ao local explorado (GIL, 2014).

Os recursos minerais são necessários à existência e ao bem-estar humano, e a engenharia civil é uma das áreas que mais os utiliza, sendo eles os produtos base para sua execução. Alguns dos bens minerais usados na construção civil são: areia, calcário, ferro, água e argila, entre muitos outros. A construção civil constrói casas, prédios, aeroportos, faculdades e escolas, obras que estimularam a economia brasileira. Desta forma, se apresenta sempre aliada ao ser humano, dando suporte para a sobrevivência e progresso das civilizações por meio de suas obras nos ramos de infraestrutura e edificação (DELGADO; SÁ, 2019).

3. CONCEITO DA ENGENHARIA CIVIL

Antes de mais nada, vale a pena conhecer a sintaxe da palavra “engenharia” que por sua vez deriva da palavra engenheiro, da língua portuguesa, e, no século XVI, referia-se a alguém que construía ou operava um engenho referente a uma máquina de guerra, como uma catapulta ou uma torre de assalto (HOUAISS; VILLAR, 2002). Na literatura é possível encontrar diversas maneiras de definir “Engenharia”, tais como:

Segundo Lindsay (1920 apud JAM, 2006, p. 217), “Engenharia é a prática da aplicação segura e econômica das leis científicas que governam as forças e materiais da Natureza, através da organização, design e construção, para o benefício da humanidade” (FERRAREZZO, 2017).

Praticamente todas as atividades de um engenheiro envolvem elementos de nosso planeta e, sendo assim, é útil conhecê-lo. A escolha de materiais mais apropriados, isto é, mais baratos, depende do conhecimento de sua disponibilidade na composição da Terra, bem como sua facilidade de extração. Em especial, a escolha de materiais com características específicas depende de sua existência na quantidade desejada e com acesso disponível (CAETANO, 2011). A definição de processos de extração de materiais, como ferro, cobre e outros, depende do conhecimento de como esses minerais ocorrem na natureza. O uso de rochas como material de construção civil depende do conhecimento de suas propriedades físicas, que dependem diretamente de seu processo de formação (POPP, 2010).

A definição de características externas de construções tem o objetivo de fornecer proteções contra a ação do intemperismo e, sendo assim, estes agentes devem ser estu-

dados. Assim, ainda que esta lista não seja nem remotamente completa, é essencial que o engenheiro - em especial os Cívicos, Ambientais e de Petróleo e Gás - o conhecimento básico de Geologia (CAETANO, 2011). Adicionalmente, o estudo da Geologia traz também as respostas para muitas curiosidades comuns aos engenheiros, como os mecanismos de ocorrência de vulcões, a origem dos abalos sísmicos, as técnicas usadas para o estudo das camadas mais profundas de solo, o que existe no fundo dos oceanos e tantas outras (CAETANO, 2011).

Para Leão (2018), através dos aspectos qualitativos e quantitativos identificados ao longo da experiência dos profissionais da mecânica dos solos, as classificações foram corrigidas e adequadas até que, por fim, solos de mesmas características pudessem ser colocados em um mesmo grupo. Ao agrupá-los com base em características geotécnicas semelhantes, muitos problemas simples podem ser resolvidos. Por exemplo: a escolha de um solo para fins de engenharia e exploração. A dificuldade não está apenas no entendimento das informações que pudesse utilizar a partir de ensaios e provas praticadas nos solos. Ocorrem muitas classificações para os solos e cada uma apresenta uma limitação. Inúmeras classificações se baseiam na origem dos solos (transportados, residuais ou orgânicos), na textura (tamanho das partículas), com base na pedologia (ambiente natural), ou em uma classificação tátil-visual (LEÃO, 2018).

Algumas concebem interpretações com base em parâmetros geotécnicos (Sistema Unificado de Classificação dos Solos – SUCS, e o Highway Research Board – HBR, ou American Association State Highway Officials). O SUCS apareceu com um propósito inicial à utilização de solos na construção de aeroportos. Posteriormente, a sua utilização foi expandida, ele se encontra normalizado pela American Society for Testing and Materials (ASTM), sendo muito utilizado para obras de terra geotécnicas (Figura 1) (LEÃO, 2018).



Figura 1 - Aterro típico em obras de mineração
Fonte: Leão (2018, p. 23).

Para Porto (2018), os principais sistemas considerados para classificação dos solos são:

- Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS): Método resultante de um trabalho conjunto desenvolvido por órgãos de engenharia americanos ("Bureau of Reclamation" e "Corps of Engineers") assistido pelo professor Arthur Casagrande, da Universidade de Harvard, sendo publicado em 1953 pelo "Waterways Experiment Station" como aperfeiçoamento e ampliação do sistema elaborado por Casagrande para aeroportos em 1943. O SUCS baseia-se na identificação dos solos de acordo com as suas qualidades de textura e plasticidade, agrupando-os de acordo com seu comportamento quando usados em estradas, aeroportos, aterros e fundações;
- Sistema de Classificação TRB ("Transportation Research Board"): Procedimento aprovado em 1945 nos Estados Unidos constitui um aperfeiçoamento do antigo sistema da "Public Roads Administration", proposto em 1929. Nesse sistema são considerados resultados de ensaios de granulometria e limites de Atterberg, sendo principalmente utilizado em projetos rodoviários.
- Sistema de Classificação MCT (Miniatura Compactada Tropical): Sistema desenvolvido no Brasil por Nogami e Villibor (1981), tendo em vista considerar características específicas de solos de regiões tropicais, é baseada em propriedades obtidas em corpos de prova cilíndricos compactados em equipamento miniatura e padronizado de acordo com DNER (1997).

Em todo tipo construção, é preciso garantir a segurança da obra, por isso é necessário fazer a sondagem do solo, pois cada terreno possui um tipo de solo com características e resistências variadas (ABNT, 2001).

A profundidade da sondagem depende de orientação do projetista com justificativa geotécnica ou dos critérios de paralização recomendados pela NBR 6484 (ABNT, 2001), sendo eles:

- 1) Impenetrável ao amostrador: quando em 3 m sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador padrão ou em 4 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais ou ainda quando em 5 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador padrão;
- 2) Impenetrável ao trépano: utilizando a circulação de água e movimentos de elevação e queda do trépano, observa-se o avanço a cada 10 minutos de um total de 30 minutos. Quando o avanço for menor que 50 mm em cada período de 10 minutos, encerra-se o ensaio. Se pelo porte da obra houver a necessidade de prosseguir, adota-se então a sondagem rotativa.

Portanto, a sondagem com os dados desta pesquisa é fundamental para que o engenheiro estrutural tenha as informações corretas para compor os cálculos das fundações da construção. A sondagem pode ser executada de várias maneiras, variando de acordo com a especificação do solo. Cada técnica está regulamentada de forma normativa (ABNT,

2001). Por exemplo, a norma de sondagem simples: “ Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos” NBR-6484/01, regulamentada pela ABNT.

Fundações são elementos estruturais destinados a transmitir ao terreno as cargas da estrutura. Devem ter resistências adequadas para suportar as tensões causadas pelos esforços solicitantes. O solo deve ter resistência e rigidez apropriada para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais. O sistema de fundações é formado pelo elemento estrutural do edifício que fica abaixo do solo (podendo ser constituído por bloco, estaca ou tubulão, por exemplo) e o maciço de solo envolvente sob a base ao longo do fuste. Sua função primordial é suportar com segurança as cargas provenientes do edifício. Convencionalmente, o projetista estrutural repassa ao projetista de fundação as cargas que serão transmitidas aos elementos de fundação. Confrontando essas informações com as características do solo onde será edificado, o projetista de fundações calcula o deslocamento desses elementos e compara com os recalques admissíveis da estrutura, ou seja, primeiro elabora-se o projeto estrutural e depois o projeto de fundação (HACHICH et al.,1998).

Partindo desse pressuposto, a NBR 6122 – Projeto e execução de fundações, recomenda que seja feito um reconhecimento inicial do local, uma investigação geológica dependendo do porte da obra, uma investigação geotécnica preliminar, que corresponde ao ensaio SPT em qualquer edificação e uma investigação geotécnica complementar dependendo das peculiaridades do subsolo e do projeto, sendo caracterizado como complementar as sondagens mistas e rotativas, sondagem à percussão com medida de torque (SPT-T), ensaio de cone, ensaio de palheta (vane test), ensaio de placa, ensaio pressiométrico, ensaio dilatométrico, ensaios sísmicos, ensaios de permeabilidade e ensaio de perda d’água (ABNT, 2019).

Na ausência da realização de qualquer ensaio de prospecção do subsolo o risco da adoção de uma metodologia de execução inadequada é enorme, já que não sabe se trata de um solo com baixa resistência, se é expansivo ou colapsível, por exemplo. Nos casos das obras com investigação insuficiente, tanto em número de pontos, como na profundidade dos ensaios, fica eminente o risco de não detectar as variações das espessuras das camadas do solo, ou a presença de bolsão de argila mole, bem como, as variações do topo rochoso ou presença de “matacão” (MELO, 2019). A engenharia de fundações não é uma ciência exata e pela dificuldade de prever o comportamento dos solos é imprescindível seguirmos com atenção as normas que orientam o planejamento da investigação. Abaixo, seguem as principais normas brasileiras sobre o assunto (MELO, 2019):

- NBR 8044: Projeto geotécnico - Procedimento - esta norma estabelece os procedimentos a serem observados nos estudos e projetos geotécnicos.
- NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios – norma que especifica os procedimentos mínimos e a profundidade das sondagens.
- NBR 12722: Discriminação dos serviços para construção de edifícios – nesta norma podemos verificar a importância da investigação geotécnica na fase de estudos preliminares, vemos os serviços referentes ao projeto geotécnico.As fundações são elementos estruturais que interagem com o maciço do solo que os envolvem,

distribuindo as tensões por seu contato de base e/ou lateral. Porém, dependendo do elemento adotado, haverá a predominância de transferência pela base (fundações diretas), pelo contato lateral ou pelas duas formas (fundações indiretas) (MELO, 2019).

Como as fundações diretas vão transferir as cargas predominantemente pela base, é comum o uso de bases alargadas para aumentar a eficiência desses elementos, como teremos nas sapatas, nos blocos, nos radiers (fundações rasas) e nos tubulões (fundações profundas) (MELO, 2019). Os elementos de fundação em sapatas podem ter várias formas dependendo da posição dos pilares, sendo isolados quando recebem a carga concentrada de apenas um pilar e distribuem a carga em duas direções, associados quando recebem as cargas de dois ou mais pilares relativamente alinhados, alavancados quando um dos pilares está posicionado na divisa e corridos quando a sapata recebe cargas lineares e transfere para o solo em uma direção, como alvenaria estrutural e muros de arrimo (MELO, 2019).

Os blocos de fundação não contêm armaduras e, por isso, são elementos mais robustos, podendo ser cônicos ou escalonados e dimensionados para o concreto resistir às tensões de tração. Blocos de fundações são estruturas de volume que têm a função de distribuir as cargas dos pilares a elementos de fundações profundas, tais como estacas e tubulões. Na sua geometria, a NBR 6122 recomenda garantirmos um ângulo beta correlacionado à resistência característica à tração do concreto e à resistência do solo (MELO, 2019).

E ainda nas fundações diretas, temos os tubulões que, por serem uma fundação profunda, atingem camadas mais resistentes e atendem a obras de pequeno a grande porte. A NBR 6122 define como tubulão o elemento de fundação em que, em pelo menos na sua etapa final de escavação, há a entrada de trabalhador. A utilização de tubulões como solução de fundação divide as opiniões dos engenheiros brasileiros por causa da exposição deste trabalhador a diversos riscos (MELO, 2019).

As estacas são elementos de fundação profundos que, segundo a NBR 6122, são executados por equipamentos de perfuração ou de cravação e transmitem as cargas para o solo pela ponta, pelo atrito lateral ou pela combinação de ambos (ABNT, 2019). Segundo Das (2016), quando as camadas de solo são compressíveis e com baixa resistência, utilizamos estacas para alcançar e apoiar a fundação no topo rochoso. Ou então, quando a rocha está em camadas muito profundas, a estaca transmite as cargas gradualmente ao longo do seu comprimento e ponta (ou base).

Podemos citar, ainda, as estacas raiz, que não provocam deslocamento e também não retiram o solo para a substituição pelo material. As pré-fabricadas são estacas confeccionadas de madeira, aço ou concreto e inseridas no solo por mecanismos de cravação como martelos de queda livre, conhecidos como bate-estacas, martelos hidráulicos, martelos a diesel e vibradores (GIRIBOLA, 2015). As estacas de madeira são confeccionadas com os troncos das árvores, podendo ou não ter uma proteção na ponta. Empregadas desde os primórdios da história da construção civil, nada mais são do que troncos de árvores, os mais retos possíveis, cravados no maciço de solo. No Brasil, a madeira mais empregada é o eucalipto, principalmente como fundação de obras provisórias. Para obras definitivas tem-se usado as denominadas "madeiras de lei", como por exemplo a peroba, a aroeira, a moçaranduba, o ipê e outras (GIRIBOLA, 2015).

Segundo Velloso e Lopes (2010), no Brasil esse tipo de estacas é utilizado quase que exclusivamente em obras provisórias. A deterioração é uma das preocupações com esta solução, pois a durabilidade pode ser comprometida quando houver variação do nível da água. Porém, se garantida permanência submersa, o sistema de estacas pode ter longa duração. Normalmente elas são utilizadas em elementos de 6 metros de comprimento e diâmetro variando de 15 a 35 centímetros. Para comprimentos maiores, pode-se adotar emendas (GIRIBOLA, 2015).

As estacas metálicas ou de aço são comercializadas em diversos formatos, como os perfis (laminados ou soldados), tubos ou até mesmo trilhos usados de ferrovias. A grande vantagem desta solução é a fabricação de seções variadas, com resistência elevada, fácil de transportar e longa durabilidade quando cravadas no solo. Os elementos são comercializados em comprimentos de 6 ou 12 metros, mas podem ser emendados por solda ou cortados, conforme necessidade da obra. O valor do perfil metálico pode ser alto, dependendo da região e do porte da obra (DAS, 2016).

As estacas pré-moldadas de concreto são muito utilizadas no Brasil, por ser uma solução simples, com alto controle do material empregado e custos acessíveis a todos os portes de obras, podendo ser fabricadas com concreto armado, protendido ou centrifugado, com diversas geometrias de seções. Costumam ser pré-fabricadas em firmas especializadas, com suas responsabilidades bem definidas, ou no próprio canteiro, sempre num processo sob controle rigoroso (GIRIBOLA, 2015).

A execução da estaca Franki consiste na cravação, com bate-estacas, de um tubo de ponta fechada com uma bucha de solo seco. Ao atingir a cota de apoio estimada, esta bucha é apiloada formando um bulbo como base da estaca. Na sequência, é inserida a armadura e efetuada a concretagem com a retirada do tubo metálico. São fundações profundas dimensionadas para que a carga originada da superestrutura seja suportada pela resistência de ponta e pela resistência lateral. (DAS, 2016).

Tanto as estacas Strauss como as Franki estão caindo em desuso, pois poucas empresas as aplicam atualmente e pela dificuldade de realizar o controle de qualidade, principalmente nas estacas Strauss (DAS, 2016). Por fim, as estacas tipo raiz que são elementos esbeltos, mas com elevada capacidade de carga, devido à injeção de argamassa no solo e pela inserção de armadura integral ao longo da estaca. Uma perfuratriz de pequeno porte é usada para inserir tubos metálicos recuperáveis com circulação de água até a cota de projeto, para, então, inserir a armadura e injetar a argamassa (DAS, 2016).

4. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO DERIVADOS DA GEOLOGIA

Os materiais de construção são definidos como todo e qualquer material utilizado na construção de uma edificação, seja da locação, infraestrutura da obra até a fase de acabamento, passando desde um simples prego até os mais conhecidos materiais, como o cimento. Os materiais usados em construções se destinam a diversos fins, tais como acabamentos, estruturas, de vedação, impermeabilizantes, etc., sendo que cada um deles exige características próprias para o fim a que se destinam. Os materiais de construção podem ser classificados em (LOPES, 2017).

- Estruturais – são aqueles usados em estruturas ou com os quais são executadas estruturas. Assumem, portanto, grande importância em vista do problema de segurança da construção (LOPES, 2017).
- Não estruturais – são materiais de aplicação em serviços sem responsabilidade estrutural, embora em alguns casos possam colocar em perigo a segurança da construção. São os materiais de proteção (tintas, vernizes, etc.) ou os materiais de vedação (tijolos, vidros, etc.) (LOPES, 2017).

Quanto à origem os materiais de construção podem ser naturais, artificiais ou combinados (LOPES, 2017):

- Naturais: São aqueles encontrados na natureza, prontos para serem utilizados. Em alguns casos precisam de tratamentos simplificados como uma lavagem ou uma redução de tamanho para serem utilizados. Como exemplo desse tipo de material, tem-se a areia, a pedra e a madeira.
- Artificiais: são obtidos a partir de processos industriais, a exemplo de tijolos e telhas.
- Combinados: Produtos da combinação de materiais naturais e artificiais, tais como concreto e a argamassa.

Os agregados são materiais inertes sem forma e volume definido e possuem dimensões e propriedades adequadas para diferentes usos em obras de engenharia (LOPES, 2017). A utilização dos agregados na Construção Civil é muito ampla e normalmente está relacionada à fabricação de outros materiais que compõem a estrutura das obras de engenharia. Pode-se citar alguns exemplos de suas aplicações, como (LOPES, 2017):

- Argamassas e concreto
- Base para calçamentos e pavimentação
- Drenos e gabiões
- Lastros de ferrovias

Assim como os materiais da Construção Civil, os agregados também são classificados em relação à sua origem, tamanhos dos grãos e massa específica. Quanto à origem (LOPES, 2017; ABNT NBR NM 248):

- Naturais: são encontrados na natureza na sua forma definitiva; é o caso da areia de rios, cascalhos, pedregulhos e seixos rolados.
- Artificiais: provenientes do “britamento” de rochas, pois necessitam da atuação do homem para que o tamanho dos seus grãos seja modificado; é o caso de pedrisco e pedra britada.

- Industrializados: aqueles obtidos através de processos industriais. Ex.: argila expandida e escória de alto forno.
- Reciclados: originados da reciclagem dos resíduos da Construção Civil.

Principais tipos de agregados utilizados na Construção Civil – brita, areia, cascalho ou seixo rolado, fíler ou pó de pedra, bica-corrída, rachão ou “pedra de mão” (LOPES, 2017):

1. Brita: Obtido a partir de rochas compactas que ocorreram em jazidas, pelo processo industrial de fragmentação da rocha maciça, como granito, gnaiss, basalto em outras menores. O processo de britagem dá origem a diferentes tamanhos de pedra que são utilizadas nas mais diversas aplicações. De acordo com a dimensão que a pedra adquire após a britagem, recebe nomes diferentes. Bauer (2008) apresenta a definição dos principais produtos do processo de britagem:

- Processo de Britagem: É o primeiro processo de fragmentação, e também o mais importante na diminuição de minérios, segundo os especialistas, pois é responsável por boa parte do que se entende por beneficiamento mineral, para que possam ser utilizadas e aplicadas como insumos em obras da Construção Civil (LOPES, 2017).

Os processos que envolvem esta transformação são (LOPES, 2017):

- Decapagem: Nesse processo é efetuada a limpeza das bancadas, com máquinas e caminhões a fim de remover a argila e outros materiais.
- Desmante: Após o processo de limpeza do terreno (decapagem), é executado o desmante da rocha natural com uso de explosivos.
- Transporte: Neste processo é feito o transporte do material da mina para a britagem. Estes caminhões levam o material até a britagem primária.
- Britagem primária: Após a extração através de detonação, os fragmentos de rocha são transportados para os equipamentos conhecidos como britadores, que começam com o processo de britagem de fato. O subproduto do britador primário é a bica-corrída primária, que pode ter aplicações específicas ou ser encaminhada ao britador secundário para dar continuidade ao processo de fabricação de pedras com tamanhos menores.
- Britagem secundária: Feita a partir do uso de britadores cônicos, ela faz com que as peças sejam reduzidas a até cerca de 25 mm, o que, dependendo do tamanho, pode corresponder às britas 2, 3 e 4. O processo em que o material oriundo da britagem primária é novamente triturado. É importante destacar que o produto proveniente da britagem secundária possui dimensão inferior aos do produto da britagem primária, a alimentação é o produto da britagem primária (< 15 a 30 cm) operação, normalmente, via seco com circuito fechado ou aberto.
- Britagem terciária: Feita com britadores de impacto e pode reduzir a brita a até

4,8 mm. o processo em que o material oriundo da britagem secundária é novamente triturado. Tal processo tem como objetivo corrigir o formato dos grãos, tornando-os arredondados produto esperado abaixo de 150mm e taxa de 197 t/h base seca para cada equipamento.

De acordo com Bauer (2008), os principais produtos oriundos da fragmentação da rocha (britagem) são:

- Brita: agregado obtido a partir de rochas compactas que ocorreram em jazidas, pelo processo industrial de fragmentação da rocha maciça.
- Rachão ou Pedra de Mão: passa no britador primário e é retido na peneira de 76mm. O rachão também é conhecido como "pedra de mão" e geralmente tem dimensões entre 76 e 250mm.
- Bica-corrida: material britado que pode ser o resultado da passagem do britador primário ou secundário.
- Pedra Britada: produto da diminuição artificial de uma rocha, tamanhos de grãos que variam de 2,4 a 64 mm. Chama-se primária quando deixa o britador primário (graduação na faixa de 0 a 300 mm) e secundária, quando deixa o britador secundário (graduação na faixa de 0 a 76 mm).
- Pó de pedra: Material fino que o pedrisco, sendo que sua graduação varia de 0 a 4,8mm.
- Areia de brita: obtida dos finos resultantes da produção da brita dos quais se retira a fração inferior a 0,15mm.
- Fíler: Agregado de graduação que varia de 0,005mm a 0,075mm.
- Restolho: material granular que apresenta grãos frágeis e que pode conter quantidades de solos; sua retirada do fluxo é na saída do britador primário.

A figura 2 apresenta os principais produtos resultantes da britagem (BAUER, 2008).



Figura 2 - Principais produtos da Britagem
Fonte: Lopes (2017, p. 16).

2. Areia: É um agregado miúdo que pode ser originário de fontes naturais como leitos de rios, depósitos eólicos, bancos e cavas ou de processos artificiais como a britagem. Quando proveniente de fontes naturais, a extração do material, na maioria dos casos, é feita por meio de dragas e processos de escavação e bombeamento. Independente da forma de extração, o material passa por processos de lavagem e classificação antes de ser comercializado. Antes de ser comercializado, independentemente do processo de extração, o material deve ser lavado e classificado. A artificial é resultante do processo de britagem. Caracteristicamente seu tamanho é inferior a 0,15 mm (LOPES, 2017).

Pelo tamanho de seus grãos, a areia pode ser classificada em: fina, média e grossa. A tabela 1 apresenta a faixa granulométrica de classificação dos tipos de areia, de acordo com Bauer (2008).

CLASSIFICAÇÃO DA AREIA DE ACORDO COM SUA GRANULOMETRIA		
CLASSIFICAÇÃO DA AREIA	DE ACORDO COM A NBR 7225	DE ACORDO COM BAUER (2008)
AREIA FINA	de 0,75 a 0,42 mm	de 0,15 a 0,6 mm
AREIA MÉDIA	de 0,42 a 1,2 mm	de 0,6 a 2,4 mm
AREIA GROSSA	de 1,2 a 2,4 mm	de 2,4 a 4,8 mm

Tabela 1 – Classificação da areia de acordo com sua granulometria
Fonte: BAUER (2008).

O uso da areia como material de Construção Civil é muito amplo. Entre eles, pode-se destacar (BAUER, 2008):

- Concretos (betuminoso ou de cimento Portland)
- Argamassas
- Pavimentos
- Filtros de estações de tratamento de água e esgoto

3. Cascalho ou seixo rolado: Segundo Bauer (2008), é um sedimento fluvial de rocha, também chamado de pedregulho, possui grãos com diâmetro maior que 5 mm até cerca de 100 mm, conforme ilustrado na figura 3. Os formatos dos grãos são redondos devido ao atrito que é causado pelo movimento das águas. Pode-se ver sua aplicação:

- agregado no concreto (apresenta maior trabalhabilidade que os preparados com brita)
- ornamental: em jardins e decorações.



Figura 3 - Cascalho ou seixo rolado
Fonte: Lopes (2017, p. 18).

4. Fíler ou pó de pedra: De acordo com Lopes (2017), É um agregado de graduação 0,005/0,075; com grãos da mesma grandeza de grãos de cimento. Material obtido por decantação nos tanques das instalações de lavagem de britas das pedreiras. Santana (1995) define fíler de maneira mais geral, ou seja, como sendo um material constituído de partículas minerais provenientes dos agregados graúdos e/ou miúdos empregados na mistura asfáltica, ou de outras fontes, como, por exemplo, pó calcário, cal hidratada, cimento Portland, etc. É utilizado em mastiques betuminosos, concretos asfálticos e espessamentos de betumes fluídos. Seus grãos são da mesma ordem de grandeza dos grãos de cimento, conforme ilustrado na Figura 4. O fíler pode ser utilizado em diversos serviços, como:

- Concretos: durante a preparação para preencher vazios.
- Cimentos
- Na argamassa betuminosa durante sua preparação
- Em asfaltos fluidos para torná-los mais espessos.



Figura 4 - Fíler ou pó de pedra
Fonte: Lopes (2017, p. 18).

5. Bica-corrída: Material britado no estado em que se encontra à saída do britador. Chama-se primária quando deixa o britador primário (graduação na faixa de 0 a 300 mm) e secundária, quando deixa o britador secundário (graduação na faixa de 0 a 76 mm). A utilização na Construção Civil favorece (LOPES, 2017):

- Obras de base e sub-base de pavimentação
- Melhoria nas estradas e pavimentação em áreas rurais
- Assentamento de tubos

A Figura 5, ilustra a bica-corrída (LOPES, 2017).



Figura 5 - Bica-corrída
Fonte: Lopes (2017, p. 19).

6. Rachão ou “pedra de mão”: É um agregado constituído pelo material que passa no britador primário, porém é retido na peneira de 76 mm. É a fração acima de 76 mm da bica-corrída primária. A NBR 9935 define rachão como “pedra de mão” quando a dimensão estiver entre 76 e 250 mm (LOPES, 2017).

Geralmente utilizado em:

- Filtros de decantação
- Drenagem
- Estabilização de solo
- Reforço de base e sub-base em pavimentação e ferrovias, conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 6 - Rachão ou "pedra de mão" sendo utilizada como base em ferrovia
Fonte: Lopes (2017, p. 20).

7. Argila expandida: A argila expandida é classificada como um agregado fino e leve em função de seu peso específico reduzido, constituído de grãos lamelares de dimensões inferiores a dois micrômetros, formada, em proporções muito variáveis, de silicato de alumínio e óxidos de silício, ferro, magnésio e outros elementos. O processo de obtenção desse agregado é o tratamento térmico da matéria-prima argila. A argila, formada por silicatos de alumínio e óxidos de ferro e alumínio pode ter propriedades expansivas quando exposta a altas temperaturas, que promovem a expansão de gases, fazendo com que o material se transforme em grãos porosos de variados diâmetros. conforme ilustrado na Figura 7 (LOPES, 2017).

Segundo Bauer (2008), o principal uso que se faz da argila expandida é como agregado leve para concreto, seja concreto de enchimento, seja concreto estrutural ou pré-moldados – com resistência de até f_{ck} -30MPa.

Suas principais utilizações na Construção Civil são (LOPES, 2017):

- No concreto (concreto de enchimento) devido à sua massa leve.
- Placas de concreto, onde apresenta comportamento de isolante térmico e acústico.
- Fins ornamentais em jardins.



Figura 7 - Argila expandida
Fonte: Lopes (2017, p. 20).

8. Escória de alto forno: É um produto gerado na fabricação do ferro gusa, sua formação ocorre pela combinação química das impurezas do minério de ferro com calcário e dolomita e as cinzas de carvão mineral, durante a produção do ferro gusa, localizado na parte inferior do forno, dessa forma, protegendo o mesmo de se reoxidar por meio do jato de ar quente que funde através do forno, durante o reaproveitamento do forno, o ferro fundido e a escória são separados, enquanto o ferro é fluído em moldes de ferro gusa para fabricação do aço, a escória é direcionada em grandes recipientes, em seguida despejada dos mesmos (ZEGHICHI, 2006).

A principal utilização da escória granulada é a fabricação de cimento Portland, conforme ilustrado na Figura 8. Pela maneira do resfriamento, a escória pode ter diferentes tipos e tamanhos, sendo classificada em escória expandida e escória granulada (LOPES, 2017).

- Escória expandida – Quando a escória é resfriada com jatos de água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 12,5 a 32 mm. Sua utilização pode ser em peças isolantes térmicas e acústicas, como agregado graúdo e miúdo no preparo de concreto leve, e em concreto estrutural (com resistência de 8-20 MPa) (LOPES, 2017).
- Escória granulada – A escória bem granulada é essencialmente amorfa “Amorfa” significa não cristalina. Quando é imediatamente resfriada em água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 0 a 4,8mm. Sua utilização principal é na fabricação do cimento Portland de alto-forno (LOPES, 2017).

Das suas diversas aplicações na Engenharia Civil, pode-se destacar (LOPES, 2017):

- Produção de cimento
- Produção de cerâmica
- Revestimento asfáltico
- Concreto leve e estrutural



Figura 8 - Escória de alto forno
Fonte: Lopes (2017, p. 21).

5. CONCLUSÃO

Grande parte dos trabalhos de um engenheiro civil tem que ver com os elementos naturais do nosso planeta, é necessário que este mesmo possua um conhecimento amplo nessa área para tais aplicações diversas, como: o projeto de estrutura de uma obra que depende do tipo de solo no local para a escolha do melhor tipo de fundação a ser utilizada, construção de estradas, que tem-se um sério problema quando são construídas em terrenos argilosos moles, causando recalque na fundação, dentre outros problemas.

No que diz respeito à Construção Civil, a Geologia tem aplicação muito relevante quanto a análise da composição como um todo, inclusive no relevo do local, mais também na descoberta e compreensão de efeitos naturais, como abalos sísmicos e ventos, que influenciam na escolha dos materiais apropriados à construção de acordo com os impactos que esta irá sofrer. Outro aspecto em que o conhecimento em Geologia é útil na Construção Civil é na utilização de rochas e dos depósitos naturais de sedimentos como materiais de construção que são muito utilizados como agregados para confecção de concreto, blocos para revestimento de fachadas de edifícios, proteção de taludes de barragens, etc.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16697**: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6464**: Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7181**: Solo - análise granulométrica. Rio

de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: Agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CAETANO, Daniel. **Geologia para Engenharia Civil**. 2011 Disponível em: https://www.caetano.eng.br/aulas/2011b/gec/gec_ap01.pdf. Acesso em: 6 abr. 2022.

CARNEIRO, R.G. **Perfil da temperatura do solo nos biomas florestais da Amazônia e Mata Atlântica com aplicação da transformada em ondas**. 2014. 79f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014. Disponível em: http://www.dca.ufcg.edu.br/posgrad_met/dissertacoes/RayonilGomesCarneiro_2014.pdf. Acesso em: 6 abr. 2022.

DAS, B. M. **Princípios de engenharia de fundações**. São Paulo: Cengage Learning. 2016.

DELGADO, R. C. O. B; SÁ, L. C. R. **Exploração Dos Recursos Minerais E Seus Impactos Socioambientais Em Jaguaruana-Ce**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal Rural Do Semiárido - Ufersa Curso De Bacharelado Em Ciência E Tecnologia, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4649/1/LuanaCRS_ART.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

FERRAREZZO, E. M. **Engenharia e Profissão**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

FILHO, C.L. M. **O Ensino Da Geologia De Engenharia Nos Cursos De Engenharia Civil Do Brasil**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. UFSM - CPRM, Santa Maria/RS. 2012. Disponível em: <http://itpack31.itarget.com.br/uploads/abe/arquivos/RevistaABGE-art.5.pdf>. Acesso em: 17 de abr. 2022.

GIL, R. **Avaliação da Expansão do Complexo de Carajás através da Teoria de Opções Reais**. Pontifícia Universidade Católica. S.L, mar. 2014. Disponível em: http://www2.dbd.pucrio.br/pergamum/tesesabertas/1212770_2014_pretextual.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

GIRIBOLA, M. **Como executar estaca raiz**. Construção e Mercado, 163. ed., PINI, fev. 2015. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/163/artigo338063-1.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2022.

HACHICH, W. et al. **Fundações Teoria e Prática**. Editora Pini. 2. Ed. 1998;

HOUAISS, A.; VILLAR, M. S. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Lisboa: Círculo de Leitores, 2002.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. Ed. - Rio de Janeiro: IBGE Manuais técnicos em geociências, ISSN 0103-9598; n4). 323p., 2007.

LEÃO, M. F. **Fundamentos da mecânica dos solos**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

LANGER, M. **La géologie de l'ingénieur aujourd'hui: exigences et réalités**. Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de L'Ingénieur, Paris, 1990. n.42, p. 123-126. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/1015671>. Acesso em 17 de abr. 2022.

LOPES, L. F. **Materiais de construção civil I**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

MELO, B. N. **Fundações**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

MILITITSKY, J. CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.



POPP, J. H. **Geologia Geral**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. Disponível em: <https://>. Acesso em: 6 abr. 2022.

PORTO, M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica Classificação dos Solos**. IFCE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará. Disponível em: <https://marcosporto.eng.br/wp-content/uploads/2018/02/Nota-de-Aula-Classifica%C3%A7%C3%A3o-dos-Solos-1.pdf>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SANTANA, H. **Considerações sobre os nebulosos conceitos e definições de fíler em misturas asfálticas**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 29., 1995, Cuiabá. Anais... Cuiabá: Associação Brasileira de Pavimentação, 1995.

TEIXEIRA, L. P. **Desempenho da Construção Brasileira**. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

TEIXEIRA, W. *et al.* **Decifrando A Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ZEGHICHI, L. **The effect of replacement of naturals agregates by slag products on the strength of concrete**. Asian Journal of Civil Engineering, v. 7, p. 27-35, 2006.

CAPÍTULO 10

AS ATIVIDADES DE EXTRAÇÃO DE MINERAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E QUALIFICAÇÃO DO GRAU DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

*MINERALS EXTRACTION ACTIVITIES USED IN CIVIL CONSTRUCTION
AND QUALIFICATION DEGREE OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION*

Higo Xavier dos Santos¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Atualmente, vem sendo cada vez maior a preocupação com a sustentabilidade em todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, desde sua concepção, projeto, construção, manutenção, até sua demolição, considerando sempre as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental. A identificação prévia e o estudo destes impactos possibilitam a empresa desenvolver planos de ações e soluções inovadoras voltados a uma melhor atuação no que diz respeito às questões ambientais, possibilitando, assim, que os impactos negativos sejam reduzidos ou até mesmo mitigados. Tornou-se possível a identificação de valores distintos entre os estudos comparados, obviamente em função das características de cada região interceptada, mas que puderam levar ao tratamento dos impactos de maneira mais clara e objetiva, emergindo medidas de controle para compensação e mitigação de alguns impactos identificados no trabalho, o que ainda abriu margem para novos estudos de aprofundamento no tema. Portanto, o presente trabalho viabilizou o real conhecimento dos impactos ambientais advindos da implantação da linha de transmissão, possibilitando um processo mais claro e conclusivo quanto a tomada de decisão.

Palavras-chave: Extração de Minerais, Construção Civil, Ambiental.

Abstract

Currently, there has been an increasing concern with sustainability in all stages of the life cycle of an enterprise, from its conception, design, construction, maintenance, to its demolition, always considering the three dimensions of sustainability: economic, social and environmental. The prior identification and study of these impacts enable the company to develop action plans and innovative solutions aimed at better performance with regard to environmental issues, thus enabling negative impacts to be reduced or even mitigated. It became possible to identify different values between the compared studies, obviously due to the characteristics of each intercepted region, but which could lead to the treatment of impacts in a clearer and more objective way, emerging control measures for compensation and mitigation of some impacts. identified in the work, which also opened the way for further in-depth studies on the subject. Therefore, the present work made possible the real knowledge of the environmental impacts arising from the implementation of the transmission line, enabling a clearer and more conclusive process regarding decision making.

Keywords: Mineral Extraction, Civil Construction, Environmental.

1. INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais da mineração afetam os ambientes hidrológicos, atmosféricos, além da biosfera, dos solos e das formas de relevo. Tais impactos causados pela mineração persistem e as áreas exploradas precisam ser recuperadas, deve-se conciliar uma exploração desses recursos de forma racional, permitindo a convivência entre a mineração e a conservação ambiental.

Este estudo visa contribuir para o conhecimento sobre as atividades de extração de minérios e seus respectivos danos ambientais. A construção civil engloba diversos setores da extração de minérios e a mesma é uma causadora de grandes alterações na estrutura e dinâmica da paisagem e, como tal, está sujeita ao processo de licenciamento ambiental e à recuperação de áreas degradadas.

Conhecer como ocorre a extração dos minérios, os processos de tratamentos, como consiste, o preparo e os métodos de purificação. Nesse sentido, a mineração é de suma importância para o desenvolvimento econômico diversificado e sustentável. Para tais fundamentos, relacionar traços significativos sobre a degradação ambiental, de maneira que permita a discussão sobre cognição e os aspectos interligados no desenvolvimento que ocorrem nos processos de extração mineral, abordando seus principais aspectos, não estando restritas às características individuais desse método construtivo.

De maneira geral este trabalho caracteriza os parâmetros usados nas atividades de extração de minérios no âmbito da construção civil, em função das suas características e propriedades que atendam as demandas da engenharia juntamente com uma tecnologia ambiental que caracteriza os danos ao meio ambiente. De que forma essas atividades de extração de minerais utilizados na construção civil afetam o meio ambiente?

Compreender de que forma a extração de minerais afeta o meio ambiente baseando-se nos conhecimentos existentes sobre os fundamentos da mineração e seu grau de degradação ambiental na construção civil. Identificar os principais conceitos da extração de minerais, ativas e inativas, através dos atuais conceitos sobre o mesmo, relacionado ao seu desenvolvimento econômico; contextualizar as respectivas degradações ambientais, de modo, que promova uma síntese de conhecimentos e métodos que permitam uma abordagem holística do assunto; apontar as principais consequências ambientais e as formas de gestão das políticas para implantação de melhoramento na construção civil.

Para a elaboração do trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada em Artigos e Dissertações. Foi realizado, levantamento de informações de trabalhos feitos nos últimos 10 anos. Trata-se de um estudo teórico, qualificativo, compreendendo as publicações encontradas, com o objetivo de aprender, assimilar e analisar sistematicamente a literatura indicada para o desenvolvimento deste TCC, a fim de responder à questão de pesquisa e fundamentar as hipóteses. O estudo é baseado em uma revisão da literatura e uma abordagem estimativa. Foram selecionados artigos obtidos em aspectos de dados eletrônicas, Scielo, Google Scholar e outros sites, certo como livros e autores de pesquisas sobre o tema. Palavra-chave: Construção Civil, minerais, ambientais.



2. CONCEITO DE EXTRAÇÃO DE MINERAIS

A extração de minerais a com perceptível a partir da Primeira Revolução Industrial (final do século XVIII, início do século XIX), em que a produção em extensão comentou a extração de minérios para armazenar a crescente indústria. De acordo com o crescimento populacional mundial aconteceu a necessidade de retroceder da natureza um volume cada vez maior desse tipo de recursos (PAIVA, 2016).

O extrativismo mineral trata da exploração dos recursos minerais da terra para posterior transformação nas indústrias, ou para o consumo imediato caso da água mineral sendo que as principais atividades de extração de recursos que fornecem as matérias-primas para apoiar a infraestrutura econômica, os minérios são imprescindíveis para a manutenção da atividade industrial, tendo em vista que produtos como automóveis, máquinas, tratores, cimento, entre outros, são produzidos a partir de matérias-primas provenientes dessa extração (PAIVA, 2016).

A atividade mineradora e o garimpo concluem impactos diretos na natureza, incluindo a deterioração do ambiente. Diversos os garimpos conforme as minerações extorquem recursos que se descobrem no solo ou no subsolo, de onde são lucrados variados tipos de minérios (ouro, prata, minério de ferro, estanho, bauxita e muitos outros) (FREITAS, 2022).

De acordo com o autor FREITAS (2022), a atividade mineradora e o garimpo concluem resultados diretos na natureza, incluindo a deterioração do ambiente. Diversos os garimpos conforme as minerações extorquem recursos que se descobrem no solo ou no subsolo, de onde são lucrados variados tipos de minérios (ouro, prata, minério de ferro, estanho, bauxita e muitos outros).

O autor explica que no Brasil, a extração de pedras preciosas ou semipreciosas é desenvolvida por uma atividade designada de garimpo, nela são obtidos ouro, diamante, esmeralda, cassiterita e etc. A garimpagem normalmente é tomada de forma tradicional nas margens de rios, em locais que consideram grande volume de sedimentação e em planícies fluviais, principalmente nas Bacias hidrográficas do Amazonas e do Paraguai (FREITAS, 2022).

O garimpo mecanizado produz profundos impactos nos ambientes fluviais, assolando as margens dos rios e modificando profundamente a paisagem. Sem contar que aflige as águas com aplicação de mercúrio e outros detritos; o prejuízo ambiental é muito superior, pois os rios são assoreados, a fauna é infectada, a cobertura vegetal é retirada e compromete a saúde do homem (TONIETTO; SILVA, 2021).

Os danos gerados nas áreas no qual são extensas a mineração ou garimpagem são irreversíveis. Perante desses fatos deduzimos que a lucratividade procedente da extração mineral fica nas mãos de uma minoria e os prejuízos ambientais para toda a população atual e também futura (PINHEIRO, 2020).

A exploração do minério se evidenciou a partir da Primeira Revolução Industrial (final do século XVIII, início do século XIX), quando a produção em massa ficou mais intenso pela extração de minérios para abastecer a crescente indústria. Com o crescimento da

população mundial existiu a necessidade de retirar da natureza uma quantidade cada vez maior desse tipo de recurso (TONIETTO; SILVA, 2021).

Para o autor as atividades mineradoras promovem impactos diretos na natureza, sendo assim a degradação ambiental, locais de extração mineral, que incluem minas a céu aberto, pedreiras e minas subterrâneas, contribuem para a poluição, erosão e sedimentação das águas superficiais e subterrâneas a mineração retiram recursos que se encontram no solo ou no subsolo terrestre, aonde são retirados diferentes tipos de minérios como ouro, prata, minério de ferro, estanho, bauxita e muitos outros (PINHEIRO, 2020).

Minérios, como o carvão e o petróleo, são utilizados como recursos energéticos e matéria-prima. Hoje em dia é impossível imaginar que a sociedade deixe de explorar os minérios existentes ao longo da litosfera terrestre, uma vez que são importantes para o desenvolvimento industrial; o detrimento ambiental é muito alto, pois os rios são obstruídos, a fauna é contaminada, a cobertura vegetal é retirada e afeta a saúde do homem (TONIETTO; SILVA, 2021).

Os estragos gerados nas áreas onde são desenvolvidas a mineração são irreversíveis. Perante esses acontecimentos a lucratividade oriunda da extração do minério continua a ser nas mãos de uma pequena parte e os danos ambientais para toda a população atual e também futura (TONIETTO; SILVA, 2021).

A mineração afeta a biodiversidade em várias escalas espaciais (local, paisagem, regional e global) por meio de processos diretos (ou seja, extração mineral) e indiretos (por meio de indústrias que apoiam as operações de mineração e partes interessadas externas que ganham acesso a áreas ricas em biodiversidade como resultado da mineração) talvez o impacto mais significativo de uma mineração são seus efeitos na qualidade da água e disponibilidade de recursos hídricos dentro do projeto área. As principais questões são se a superfície e os suprimentos de água subterrânea permanecerão adequados para humano consumo, e se a qualidade da superfície água na área do projeto permanecerão adequadas para apoiar a vida aquática nativa e a vida selvagem terrestre (PAIVA, 2016).

Como acontece com muitas indústrias, o equilíbrio entre riscos e benefícios da mineração devem ser calibradas cuidadosamente. A mineração oferece uma combinação de resultados de saúde benéficos e adversos para trabalhadores e comunidades. Apesar dos inúmeros fracassos em andamento no passado para minimizar os impactos da mineração, não é de forma alguma inevitável que a mineração em uma determinada região resulte em danos humanos e ambientais profundos e de longo prazo (PAIVA, 2016).

Existe uma ampla gama de questões associadas à mineração. As pedreiras produzem ruído de explosão e vibração, o que pode levar ao aumento da queda de rochas e à poluição do lençol freático. A poeira introduzida na atmosfera pode ser preocupante para as comunidades adjacentes, especialmente onde o material particulado contém metais potencialmente prejudiciais. Emissões de fundição de minas de metal também aumentam o potencial de chuva ácida e distribuição de metais tóxicos pelo vento. A restauração e estabilização de resíduos são essenciais, mas podem ser difíceis por uma variedade de razões, particularmente quando a vegetação que poderia ser útil na ligação de superfícies é inibida pela toxicidade do próprio material residual (TONIDANDEL, 2021).

A liberação no meio ambiente local de substâncias potencialmente tóxicas é um problema particular. Por exemplo, a drenagem ácida de minas - associada à oxidação de sulfetos de ferro nas minas pode ser problemática, especialmente onde as operações da mina foram concluídas (PINHEIRO, 2020).

Os impactos ambientais da extração mineral variam de acordo com o tipo de mineral e a extensão de seu depósito, com a significância do impacto mudando ao longo da vida de uma mina ou pedreira. Frequentemente, os impactos negativos relacionados à sua exploração continuam muito depois que os depósitos foram explorados e não são mais economicamente viáveis. Estima-se que em média 0,3% da superfície terrestre tenha sido afetada pela mineração, com essa escala de operações, os impactos podem ser graves. Os problemas típicos são os aspectos da própria operação da mina, o impacto da subsidência da mineração, a liberação de materiais tóxicos durante e após a mineração, o tratamento de resíduos da mina e a pós-exploração ou restauração da mina (OLIVEIRA, 2018).

O peso da contribuição representada pelas forças de mercado e algumas Iniciativas voluntárias das empresas, houve as demandas impostas pela legislação que realmente trouxe o avanço da gestão ambiental. Mesmo assim, tem havido um longo caminho a percorrer que é necessariamente no sentido de fomento de atividades e projetos no setor direcionado ao planejamento tecnológico, ordenamento e melhoria da atividade de mineração além do aprimoramento dos implementos e fiscalização para licenciamento e inspeção (OLIVEIRA, 2018).

2.1 A importância da mineração na economia

A atividade de extração de minérios está presente no Brasil a partir da sua colonização, ela balança os índices de crescimento nacionais, tendo o investimento e o desenvolvimento nos mais distantes rincões do país. O recorde de superavit na balança comercial brasileira é resultado da mineração. A alta dos preços dos minérios e os consecutivos recordes de produção nos últimos dois anos proveram para o aumento do valor das exportações (INSTITUTO MINERE, 2018).

No Brasil, a importância da mineração informa aos tempos em que o país era uma colônia portuguesa. A ocupação do interior do país pelos bandeirantes foi devida, em grande parte, à procura por metais e pedras preciosas. Ao longo da nossa história, à medida que aumentou a ocupação do território e o conhecimento geológico, aconteceram inúmeras descobertas de depósitos minerais em todo o Brasil. Tais descobertas estiveram de grande importância socioeconômica e foram extremamente relevantes para o processo de industrialização brasileiro (DOM TOTAL, 2019).

O trabalho da mineração dispõe muitos investidores e tem bom retorno financeiro. Esse potencial do setor já era visível desde o período do Brasil colonial. Os olhos de mercados estrangeiros sempre brilharam pelos solos brasileiros desde o século XVII, quando algumas expedições exploratórias voltaram ao nosso território, contendo nossa população. (Dom Total, 2019). Importante fonte de renda, a mineração é um suporte financeiro e econômico para o país. No caso do Brasil, a atividade se torna grande protagonista nesse contexto, em função do potencial do solo nacional, caracterizado por seu diferen-

cial e riqueza. A mineração é um dos setores básicos da economia brasileira (INSTITUTO MINERE, 2018). Veja abaixo 5 fatores que explicam a importância da mineração para a economia do país:

- **EQUILIBRIO ECONOMICO:** A execução de extração de minérios combina os índices de expansão nacionais. O recorde de superávit (quando a exportação de produtos é maior do que a importação). Por em desenvolvimento a um bom resultado, está a mineração. Certo porque o minério de ferro é uma das principais commodities que o Brasil exporta. A alta dos preços de minério e os consecutivos recordes de produção da Vale nos últimos trimestres esteve para o aumento do valor das exportações nacionais. (INSTITUTO MINERE, 2018).
- **INFLUÊNCIA HISTÓRICA:** A mineração concede muitos investimentos e tem certo retorno financeiro. E esse potencial do setor já era exposto desde o período do Brasil colonial. Naquela época, a extração de minérios foi consciente por parte da conquista do território nacional e, sobretudo, pelo equilíbrio econômico e geração de riquezas. Nos olhos das comercializações estrangeiras estabeleceram a brilhar pelos solos brasileiros. Não à toa, através todo o século XVII, o interior do país alcançou várias expedições em busca de metais valiosos e pedras preciosas. (INSTITUTO MINERE, 2018).
- **RELAÇÃO COM FENÔMENOS SOCIAIS:** A extração de minérios está entendida acerca de maior ou menor grau com todos os fenômenos sociais e tem vínculo com praticamente todas as questões de expansão e desenvolvimento do país. A própria história da mineração no Brasil Colônia estima essa forte influência do setor. Entretanto o período colonial, o ouro encontrado no país foi levado para Portugal e implementou lucro até para a Inglaterra, que teria financiado a Revolução Industrial com lado das riquezas tiradas da colônia portuguesa. Sem considerar que, com a riqueza trazida pela extração de ouro na época, houve uma nova classe consumidora no Brasil Colônia, a classe média. (INSTITUTO MINERE, 2018).
- **GERAÇÃO DE EMPREGOS:** A mineração facilita para a criação de inúmeros empregos diretos e indiretos, exatamente por proporcionar matéria prima para variados tipos de indústria. Enfim, o que seria das indústrias montadoras de veículos sem o aço, o vidro e os consecutivos do petróleo, matérias que provém exatamente da mineração. (INSTITUTO MINERE, 2018).

3. CONTEXTUALIZAR AS RESPECTIVAS DEGRADAÇÕES AMBIENTAIS

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto determinado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, causa uma necessária articulação com a produção de sentidos sobre a educação ambiental. A dimensão ambiental configura-se crescentemente conforme uma questão que causa um conjunto de atores do universo educativo, estimulando o engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, a capacitação de profissionais e a comunidade universitária numa vista interdisciplinar (LEFF, 2021).



Nesse sentido, a produção de conhecimento deve necessariamente contemplar as inter-relações do meio natural com o social, compreendendo a análise dos determinantes do processo, o papel dos vários atores envolvidos e as formas de organização social que amplificam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, numa perspectiva que priorize novo perfil de desenvolvimento, em relação a ênfase na sustentabilidade socioambiental (LEFF, 2021).

Tomando-se conforme referência o fato de a maior parte da população brasileira estar em cidades, observa-se uma crescente degradação das condições de vida, considerando uma crise ambiental. Isto nos remete a uma necessária reflexão sobre os desafios para um dar as formas de pensar e exercer em torno da questão ambiental numa perspectiva contemporânea. De acordo com o autor Leff (2021), fala sobre a impossibilidade de converter os crescentes e complexos problemas ambientais e reverter suas causas sem que se realize uma mudança radical nos sistemas de conhecimento, dos valores e dos comportamentos alcançados pela dinâmica de racionalidade existente, fundada no aspecto econômico do desenvolvimento (LEFF, 2021).

A partir da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental exercida em Tsibilisi (EUA), em 1977, inicia-se um amplo processo em nível global orientado para criar as condições que agrupem uma nova consciência sobre o valor da natureza e para reorientar a produção de conhecimento viva nos métodos da interdisciplinaridade e nos princípios da complexidade. Esse campo educacional tem sido fertilizado transversalmente, e isso tem possibilitado a realização de experiências concretas de educação ambiental de forma criativa e inovadora por uns segmentos da população e em diversos níveis de formação. O documento da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade, Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade, exercida em Tessalônica (Grécia), chama a atenção para a necessidade de se contenderem ações de educação ambiental baseadas nos conceitos de ética e sustentabilidade, identidade cultural e diversidade, mobilização e participação e práticas interdisciplinares (SORRENTINO, 2018).

A percepção sobre o incipiente processo de reflexão próximo das práticas existentes e das múltiplas possibilidades de, ao pensar a realidade de modo complexo, defini-la como uma nova racionalidade e um espaço em que se articulam natureza, técnica e cultura. Repercutir sobre a complexidade ambiental abre uma estimulante oportunidade para conter a gestação de novos atores sociais que se motivam para a apropriação da natureza, para um processo educativo articulado e comprometido com a sustentabilidade e a participação, apoiado numa lógica que privilegia o diálogo e a interdependência de diferentes áreas de saber (SORRENTINO, 2018).

De acordo com o autor Sorrentino (2018), uma reflexão cada vez menos linear, e isto se produz na inter-relação dos saberes e das práticas coletivas que firmam identidades e valores comuns e ações solidárias diante da apropriação da natureza, numa perspectiva que privilegia o diálogo entre saberes.

Continua, portanto, a necessidade de incrementar os meios de informação e o ingresso a eles, bem como o papel indutivo do poder público nos conteúdos educacionais, conforme caminhos possíveis para alterar o quadro presente de degradação socioambiental. Trata-se de permitir o crescimento da consciência ambiental, ampliando a possibilidade de a população participar em um nível mais alto no processo decisório, como uma forma de fortalecer sua corresponsabilidade na fiscalização e no controle dos agentes de degrada-

ção ambiental (TAMAIIO, 2020).

Dentre as transformações mundiais das duas últimas décadas, aquelas vinculadas à degradação ambiental e à crescente desigualdade entre regiões atribuem-se 194 Cadernos de Pesquisa, n. 118, março/ 2003 um lugar de destaque no reforço à adoção de esquemas integradores. Articulam-se, logo, de um lado, os impactos da crise econômica dos anos 80 e a necessidade de revisar os paradigmas existentes; e de outro, o alarme dado pelos fenômenos de aquecimento global e a destruição da camada de ozônio, dentre outros problemas (TAMAIIO, 2020).

3.1 Educação ambiental: atores, alternativas

Nestes tempos em que a informação adquire um papel cada vez mais relevante, ciberespaço, multimídia, internet, a educação para a cidadania consiste a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas forCadernos de Pesquisa, n. 118, março/ 2003 193 inconvenientes com participação na defesa da qualidade de vida. Nesse sentido ocorre destacar que a educação ambiental arca cada vez mais uma função transformadora, na qual a coresponsabilização dos indivíduos acode-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento – o desenvolvimento sustentável (TAMAIIO, 2020).

Entende-se, portanto, que a educação ambiental é condição necessária para restringir um quadro de crescente degradação socioambiental, mas ela ainda não é suficiente, o que, no pensar de Tamaio (2020), se dispõe em “mais uma ferramenta de mediação necessária entre culturas, comportamentos divergentes e interesses de grupos sociais para a construção das transformações desejadas”. O educador gera a função de mediador na construção de referenciais ambientais e deve saber usá-los como instrumentos para o desenvolvimento de uma prática social centrada no conceito da natureza (TAMAIIO, 2020).

O desafio é, pois, o de formular uma educação ambiental que de acordo crítica e inovadora, em dois níveis: formal e não formal. Assim a educação ambiental despesa ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social. O seu enfoque deve idealizar uma perspectiva holística de ação, que liga o homem, a natureza e o universo, incluindo em conta que os recursos naturais se esgotam e que o principal responsável pela sua degradação é o homem. Para Sorrentino (2018), os grandes Cadernos de Pesquisa, n. 118, março/ 2003 197 desafios com os educadores ambientais são, de um lado, o cumprimento e o desenvolvimento de valores e comportamentos (confiança, respeito mútuo, responsabilidade, compromisso, solidariedade e iniciativa) e de outro, o estímulo a uma visão global e crítica das questões ambientais e a promoção de um enfoque interdisciplinar que resgate e construa saberes.

Acaso nos referimos à educação ambiental, situam-na em contexto mais amplo, o da educação para a cidadania, configurando-a como elemento determinante para a consolidação de sujeitos cidadãos. O desafio do fortalecimento da cidadania para a população como um todo, e não para um grupo reservado, concretiza-se pela possibilidade de cada pessoa ser portadora de direitos e deveres, e de se converter, logo, em ator coresponsável na defesa da qualidade de vida (TRISTÃO, 2022).

O principal suporte de atuação da educação ambiental deve buscar, acima de tudo, a solidariedade, a igualdade e o respeito à diferença durante de formas democráticas de atuação baseadas em práticas interativas e dialógicas. Isto se consubstancia no objetivo de criar novas atitudes e comportamentos diante do consumo na nossa sociedade e de estimular a mudança de valores individuais e gerais (JACOBI, 2017). A educação ambiental é cruzada por vários campos de conhecimento, o que a dispõe como uma abordagem muito referencial, e a complexidade ambiental (LEFF, 2021) representa um tecido conceitual heterogêneo, “onde os campos de conhecimento, as noções e os conceitos podem ser originários de várias áreas do saber” (Tristão, 2022).

4. AS PRINCIPAIS CONSEQUÊNCIA AMBIENTAIS E AS FORMAS DE GESTÃO DAS POLÍTICAS PARA A IMPLANTAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Cadeia Produtiva da Construção Civil engloba a indústria da construção, indústria de materiais, serviços, comércio de materiais de construção, outros provedores, máquinas e equipamentos para construção. Incluso do setor industrial, a cadeia produtiva da construção civil representa 8% das emissões do Brasil, valor previsto gerado pelos fornecedores de materiais utilizados na construção, tais como na produção de cimento e de aço, no transporte, e, por último, na extração madeireira (SILVA, 2021).

As atividades humanas chocam diretamente no meio ambiente. Estas atividades podem levar à degradação, poluição e esgotamento das áreas que sentiram com a ação humana e a alteração do clima do planeta. Dentre as ações humanas, as que mais impactam no meio ambiente é a indústria da construção e por esse motivo é uma das forças motora para o atendimento de metas de desenvolvimento sustentável (SILVA, 2021).

A indústria da construção civil segue impacto significativo sobre a economia de uma terra e, portanto, pequenas alterações nas diversas fases do processo construtivo podem promover mudanças importantes na eficiência ambiental, além da redução dos gastos operacionais de uma obra. No mercado de competitividade crescente e submetido a instrumentos de comando de controle, pautado por legislação e normas e de melhoria contínua, a seleção de materiais de construção representa um importante campo da engenharia ambientalmente responsável. Existem hoje algumas ferramentas que podem auxiliar as empresas a abrangerem seus objetivos em relação ao meio ambiente: auditoria ambiental, avaliação do ciclo de vida, estudos de impactos ambientais, sistemas de gestão ambiental, relatos ambientais, gerenciamento de riscos ambientais, etc. Alguns são específicos, outros podem ser aplicados em qualquer empresa, como os sistemas de gestão ambiental (SILVA, 2021).

A urbanização gera uma forte pressão ambiental. Nos países em desenvolvimento, a busca pelo crescimento integra consigo o aumento da urbanização. Segundo dados das Nações Unidas, aproximadamente metade da população mundial mora em cidades. Logo na América Latina mais de 70% da população mora em cidades como ilustrado no quadro. Este cenário que era previsto apenas para 2030, marca para uma situação preocupante onde cresce o impacto no meio ambiente (UNPP, 2016).

ANO	POP. MUNDIAL (em bilhões de habitantes)	POP. MUNDIAL URBANA	POP. AMÉRICA LATINA (em milhões de habitantes)	POP. AMÉRICA LATINA URBANA
1960	3,032	32,8%	220,167	49,2%
1990	5,295	43%	444,271	70,9%
2000	6,124	46,7%	523,048	75,4%
2005	6,515	48,7%	557,979	77,4%

Tabela 1: Dados de população mundial e da América Latina

Fonte: UNPP, 2016

Comentando a situação apenas dos países da América Latina, entendemos que ainda se encontra uma parcela grande da população vivendo com menos de US\$1 /dia em extrema pobreza. Extinguir esta situação é uma das metas da Declaração do Milênio de 2000, estratégia das Nações Unidas para melhorar o desenvolvimento dos países em desenvolvimento. Este documento aponta que na América Latina ainda encontramos quase 10% da população vivendo em pobreza extrema (UNPP, 2016).

No contexto, a avaliação do ciclo de vida (ACV) se destaca, atualmente, como ferramenta de excelência para análise e escolha de alternativas, sob uma perspectiva puramente ambiental. O correspondente princípio consiste em analisar repercussões ambientais de um produto ou atividade, a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subproduto e resíduos) do sistema considerado. Esse procedimento permite uma avaliação científica da situação, confins de facilitar a localização de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que sejam em melhorias no seu perfil ambiental. (UNPP, 2016).

4.1 Avaliação de impactos

No Brasil a AIA se consolidou a partir de legislações baseadas na National Environmental Policy Act – NEPA (Lei de Política Nacional do Meio Ambiente dos Estados Unidos, similar à PNMA) (OLIVEIRA, 2018).

Inicialmente, de maneira pioneira, a AIA foi mencionada na Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, como subsídio ao planejamento territorial de locais caracterizados “áreas críticas de poluição”. O que mais tarde, foi confirmado e fortalecido com a aprovação da PNMA, em 1981, e com o Art. 225º da Constituição Federal, de 1988:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. § 1º Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao poder público: [...]

IV - Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencial-

mente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade (BRASIL, 1981).

O impacto ambiental da construção civil e de seus relacionados processos construtivos consegue ser inicialmente avaliado com base na análise de inventários. Esses citam uma visão detalhada dos fluxos de entrada e saídas de materiais, energia e outras substâncias geradas ou manuseadas durante os processos de concepção, utilização e até mesmo demolição da obra. As informações contidas no inventário são associadas às diferentes categorias de impacto, buscando-se o entendimento das consequências ambientais e econômicas envolvidas no processo. A próxima etapa de elaboração de uma ACV reside na definição de uma base de comparação, constituída pelos critérios citados anteriormente, concebendo um modelo para agregá-los convenientemente (UNPP, 2016).

4.2 Geração de impactos ao longo do ciclo produtivo

As necessidades da gestão de processos, de melhorar os projetos, retificar falhas decorrentes nas obras, melhorar o atendimento aos clientes e adquirir uma fatia maior do mercado são pontos unânimes hoje no setor da construção. Por outro lado, o crescimento da indústria da construção civil, que segue muitas vezes de recursos da natureza, como água potável, energia elétrica, matéria-prima, espaço para entulho, combustível, e sua relação com o meio ambiente tem determinado grandes prejuízos à sociedade, como poluição do ar e redução de áreas verdes. Por exigência da sociedade, as empresas vieram obrigadas a perceber que, da essa forma que trabalham com a gestão da qualidade para melhorar seus processos e conseguir melhores resultados com os clientes, necessitam usar a mesma lógica para melhorar sua relação com o meio ambiente (SILVA, 2021).

Todos os aspectos marcados se manifestam em todas as fases do ciclo de vida das edificações. Ciclo de vida é o conceito que trata de todas as jornadas ligadas a um produto, já a extração de suas matérias-primas até sua disposição final. Segundo o Silva, (2021), o ciclo de vida de edificações é geralmente dividido em 5 fases principais:

1. Concepção
2. Planejamento/Projeto
3. Construção/Implantação
4. Uso/Ocupação
5. Requalificação/Desconstrução/Demolição

O edifício, produto da construção civil de edificações, cria aspectos ambientais relevantes e, conseqüentemente, impactos, em todas as fases do seu ciclo de vida, já a concepção do produto e o planejamento, indo pela operação, construção e finalmente o uso e possivelmente a demolição, o que evidencia a necessidade urgente de se discernir no processo produtivo os diferentes impactos, atendendo aos requisitos legais na área am-

biental e adequando as medidas práticas para as atividades de construção. (SILVA, 2021).

O impacto no meio ambiente resultante da cadeia produtiva da indústria da construção sucede ao longo de todos os seus estágios e atividades: desde a ocupação de terras; na extração de matéria-prima e no seu processamento e produção de elementos e componentes; no transporte dessa matéria-prima e de seus componentes; no processo construtivo e no produto final, ao extenso de sua vida útil, até sua demolição e descarte. Ao longo de toda esta cadeia, recursos naturais são vistos excessivamente, muitas vezes de forma criminal, energia é consumida indiscriminadamente e resíduos são gerados de estado excessiva e dispostos irregularmente (SILVA, 2021).

5. CONCLUSÃO

O setor da construção civil contribui significativamente para a modificação do espaço em que temos, sendo, portanto, responsável por alterações climáticas e pela produção de resíduos e sedimentos que impactam de maneira crucial o meio ambiente. A crescente busca pela construção sustentável houve na elaboração de estratégias para o segmento, que auxiliam a direcionar a aplicação de iniciativas sustentáveis nas construções, acarretando inclusive a obtenção de certificados ambientais. Tal estratégia tem como objetivo minimizar os impactos ambientais negativos, entretanto ainda não solucionam todos os problemas gerados pelo setor.

No Brasil, a adoção de estratégias sustentáveis em todas as fases do ciclo produtivo de um empreendimento coincide sendo absorvida aos poucos pelas empresas construtoras. Alguns ainda a manuseiam para a valorização do produto final, tolerando obter maior retorno do investimento, e outros já apresentam a real preocupação ambiental associada aos benefícios econômicos.

Conforme pode ser observado neste estudo, a fase de construção de um empreendimento é responsável pela maior parte dos impactos ambientais gerados. Dessa forma, o canteiro de obras merece ser tratado com cuidado e responsabilidade, observando-se todos os possíveis danos gerados, entretanto a construção e as medidas adotadas para evitá-los. Ao se conhecer todos os impactos que podem ser causados enquanto a fase de obras, o empreendedor deve priorizá-los para estabelecer quais desses impactos serão tratados e com que intensidade. Incluindo isto estabelecido, pode-se definir as tecnologias e ações gerenciais necessárias para tanto, recursos e ferramentas a serem implementados, equipamentos a constituírem comprados, profissionais a serem treinados ou contratados e prazos e custos envolvidos.

Além disso, propõe-se a aplicação de ferramentas como a ACV (Avaliação do Ciclo de Vida), que integra em avaliar os impactos ambientais de um produto ou empreendimento desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais até a disposição final do mesmo. Ainda no que diz respeito a trabalhos futuros, após a análise das ações mitigadoras dos impactos ambientais adversos, recomenda-se a quantificação dos resultados alcançados. Com base em indicadores, é possível assimilar uma matriz qual quantitativa para identificar a real redução dos impactos no meio ambiente e os possíveis ganhos financeiros com a adoção de medidas de controle.



Referências

- FREITAS, de Eduardo. **Extração mineral e os impactos ambientais**. Disponível em: </https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/extracao-mineral-os-impactos-ambientais.htm/>. Acesso em: 15 de mar de 2022.
- DOM TOTAL. **A importância da mineração para a sociedade brasileira**. Disponível em: </https://brasilminingsite.com.br/a-importancia-da-mineracao-para-a-sociedade-brasileira/>. Acesso em: 18 de Mar de 2022.
- INSTITUTO MINERE, **Qual a importância da mineração para a economia do país?** Disponível em: </https://institutominere.com.br/blog/qual-a-importancia-da-mineracao-para-a-economia/>. Acesso 22 de fev de 2022.
- Guia da Sustentabilidade na Construção - SINDUSCON SP, <http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/05.pdf> - acesso em 09 de abr de 2022.
- JACOBI, P. et al. (orgs.). **Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências**. São Paulo: SMA, 2017.
- LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2021.
- OLIVEIRA, Everton de. **Água subterrânea e mineração**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Paulo, 2018. Acesso em: 20 de fev de 2022
- PAIVA, C. T. **Proposta de metodologia para análise de passivos ambientais da atividade minerária**. Ministério de Minas e Energia – MME, 2016. Acesso em: 16 de fev de 2022
- PINHEIRO, J. C. F. **A importância econômica da mineração no Brasil**. Apresentação Rede Nacional de Informações sobre o Investimento, Renai, ago. 2020. Acesso em: 20 de fev de 2022.
- SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica**. 2021. 210 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Pedro.
- SORRENTINO, M. De Tbilisi a Tessaloniki, **a educação ambiental no Brasil**. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). **Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências**. São Paulo: SMA. 2018. p.27-32.
- UNPP - UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT – **World Population Prospects**. Disponível em: <http://esa.un.org/unpp> Acesso em: 13 abr. 2022.
- TAMAIÓ, I. **A Mediação do professor na construção do conceito de natureza**. Campinas, 2020. Dissert.(Mestr.) FE/Unicamp
- TONIDANDEL, R. P. **Aspectos legais e ambientais do fechamento de mina no estado de Minas Gerais. Dissertação (Mestrado em Geologia)**. 2011, 146 f. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte (MG), fev. 2021. Acesso em: 15 de fev de 2022
- TONIETTO, A.; SILVA, J. J. M. C. Valoração de danos nos casos de mineração de ferro no brasil. **Revista brasileira de criminalística**. São Paulo, 2021. Acesso em: 20 de fev de 2022.
- TRISTÃO, M. **As Dimensões e os desafios da educação ambiental na sociedade do conhecimento**. In: RUSHEINSKY, A. (org.). **Educação ambiental: abordagens múltiplas**. Porto Alegre: Artmed, 2022. p.169-173

CAPÍTULO 11

A LOGÍSTICA DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

LOGISTICS INSIDE THE CIVIL CONSTRUCTION SITE

Marcos Antonio Rocha dos Santos¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A presente pesquisa abordou sobre a logística dentro do canteiro de obras da construção civil. A logística surgiu durante as guerras, onde os militares planejavam vários itens importantes, como o armazenamento, a distribuição e a manutenção dos seus armamentos, roupas, alimentos, transportes e etc. Com o passar dos anos a logística foi se adaptando a diversas situações, ganhando assim ênfase em uma série de atividades que tinham como principal alvo, a distribuição de materiais. Na época um instrumento essencial para as tropas, pois graças a essa ferramenta era possível organizar e executar determinadas atividades no momento certo. O avanço das tropas (ou descolamento) necessitava de uma logística que fizesse a manutenção da munição, dos equipamentos e socorros para que a chegada no campo de batalha não sofresse nenhum tipo de alteração. Para a construção civil a logística é vista como ferramenta do controle de suprimentos, onde é necessário controlar o fluxo de entrada e saída de matéria-prima, evitando desperdícios. O objetivo geral buscou compreender a importância da logística como ferramenta auxiliar no processo de administração de materiais dentro do canteiro de obras da construção civil. O desenvolvimento deste estudo foi bibliográfico e teórico, que visa definir os preceitos e processos adotados no estudo da logística e da administração de materiais. Baseado nos fatores mais determinantes que possam garantir o progresso do negócio diante do mercado competitivo e de uma boa produção. Conclui-se, portanto que a presente pesquisa sobre logística dentro do canteiro de obras, buscou conceituar todos os conceitos ligados a aquisição de materiais, equipamentos e implantação de sistemas de qualidade com foco na otimização do serviço.

Palavras-chave: Construção Civil. Canteiro de Obras. Logística. Cadeia de Suprimento. Armazenamento.

Abstract

This research addressed the logistics within the construction site of civil construction. Logistics emerged during the wars, where the military planned various important items, such as the storage, distribution and maintenance of their weapons, clothing, food, transport and so on. Over the years, logistics has adapted to different situations, thus gaining emphasis on a series of activities whose main target is the distribution of materials. At the time, an essential instrument for the troops, as thanks to this tool it was possible to organize and carry out certain activities at the right time. The advance of troops (or detachment) required a logistics that made the maintenance of ammunition, equipment and aid so that the arrival on the battlefield would not suffer any kind of alteration. For civil construction, logistics is seen as a supply control tool, where it is necessary to control the input and output flow of raw material, avoiding waste. The general objective sought to understand the importance of logistics as a supportive tool in the materials management process within the civil construction worksite. The development of this study was bibliographical and theoretical, which aims to define the precepts and processes adopted in the study of logistics and materials administration. Based on the most determining factors that can ensure business progress in the face of a competitive market and good production. Therefore, it is concluded that this research on logistics within the construction site sought to conceptualize all concepts related to the acquisition of materials, equipment and implementation of quality systems with a focus on service optimization.

Keywords: Construction. Construction site. Logistics. Supply chain. Storage

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a logística passou a ganhar mais espaço dentro do cotidiano das empresas, passando a ser mais acentuada. Tornou-se comum usar o termo logístico dentro do sistema organizacional e até mesmo no dia a dia. A logística é uma função administrativa referente ao processo de distribuição de estocagem física, ela lida diretamente com o planejamento, a alocação e o controle de recursos de uma empresa.

Para a construção civil a atuação da logística além de organizar a movimentação e armazenagem de matéria-prima, visa facilitar o fluxo de produtos e serviços desde o processo de aquisição até a entrega ao consumidor final essa ferramenta reorganizou o canteiro de obras, diminuindo os desperdícios de materiais contribuindo assim para o cronograma de entrega das obras. Nesse contexto a atuação dessa ferramenta passou a ser essencial durante a execução dos serviços, fornecendo assim informações necessárias para sanar possíveis problemas.

Logo nasce uma problemática a ser analisada: Como a logística dentro do canteiro de obras contribuiu para diminuir os problemas ligados ao cumprimento de cronograma e desperdício de materiais? É necessário ressaltar que o propósito deste estudo é abordar sobre como a logística passou a ter uma atuação significativa dentro do canteiro de obras, contribuindo em diversos aspectos para a redução de materiais e evitando possíveis obstruções da movimentação de equipamentos.

O objetivo geral buscou compreender a importância da logística como ferramenta auxiliadora no processo de administração de materiais dentro do canteiro de obras da construção civil. Já os objetivos específicos buscaram: conceituar o canteiro de obra e a logística, definir a logística e o processo de gerenciamento da cadeia de suprimento de materiais dentro do canteiro de obras e avaliar os principais segmentos da cadeia de logística da construção civil.

A respeito da metodologia do trabalho, foi utilizada a revisão bibliográfica tendo em vista que será elaborada a partir de material já publicado. Foram pesquisados em artigos e trabalhos que tinham relação com o tema proposto tanto no formato on-line com o auxílio de bases de dados e o Google Acadêmico, além de material impresso.

2. CONCEITUANDO O CANTEIRO DE OBRAS

A construção civil ao longo dos anos passou a ser um dos setores mais importantes para a economia no Brasil, isso porque é ligada aos aspectos de distribuição territorial e aspectos sociais. Porém por décadas o setor não possui distribuição e remanejamento em suas atividades, o que gerou uma série de consequências negativas na produção e entrega dos serviços (SILVA; SIMÃO, MENEZES, 2018).

Segundo Dias (2017) a ausência de organização dentro dos canteiros de obras estava



associada à ausência de cálculos estruturais e projetos arquitetônicos que distribuíssem os materiais de forma correta evitando assim desperdícios. Várias foram às metodologias implantadas ao longo dos anos, porém foi através da logística que o histórico de desenvolvimento das obras passou a caminhar de forma gradativa.

A compreensão sobre os canteiros de obras passou a ser necessário e aplicado nos projetos, baseando-se em planejar e construir métodos que diminuíssem gastos e tempo levando em consideração a localização e melhorias na segurança. A realização das etapas das obras passou a ser vista de modo diferente, o que facilitou a distribuição de materiais e o conhecimento do deslocamento dos funcionários (BEZERRA, 2010).

Assim o canteiro de obras pode ser definido como uma área de trabalho fixa ou temporária, que depende exclusivamente do desenvolvimento da execução das atividades. Segundo a Norma Regulamentadora 18 (NR-18, 1995) pode ser definido como uma das áreas onde a execução das atividades busca apoiar os trabalhos da construção, sendo dividido entre área de vivência e área operacional (ABNT, 2003).

Segundo Aguiar (2016) todos os canteiros de obra são diferentes, porém possuem características comuns dentro de uma visão específica por conta do segmento de atuação. Os canteiros podem ser enquadrados dentro dos seguintes tipos: restrito, longos e estreitos e ambos. Grande parte dos canteiros de obras pode ser encontrada nos centros das cidades por conta da construção das áreas serem mais constantes, nesse tipo de acontecimento o número de edificações é considerado duplicado se comparado com as obras que acontecem no campo comum, ressalta-se que o aproveitamento do espaço desses terrenos também é consideravelmente necessário. Nesse tipo de obra o cuidado com o canteiro de obras é elevado, já que são restritos e necessitam da adoção de critérios para a distribuição de materiais e cumprimento dos prazos (BEZERRA, 2010).

Segundo Ching (2016) é fundamental que seja levado em consideração à tipologia de cada canteiro, seja ele de um tamanho mediano ou de porte menor. Os terrenos mais estreitos que possuem poucas vias de acesso costumam impossibilitar as visões de acesso e conseqüentemente geram ocorrências relacionadas ao esquema de distribuição de materiais. Logo a logística é inserida para que o canteiro de obras tenha uma estrutura dinâmica e flexível durante todo o período de desenvolvimento das obras.

O projeto do canteiro de obras contribui para o planejamento da logística do canteiro, logo ele contribui para o desenvolvimento e execução de todas as atividades, gerando assim melhorias para a produtividade. A inserção da logística dentro do canteiro de obras tem como objetivo principal diminuir o tempo de movimentação de materiais e de pessoas, evitando o desperdício e gerando rentabilidade a sistemática implantada na prestação de serviços (DIAS, 2017).

3. LOGÍSTICA NO CANTEIRO DE OBRAS

O conceito de logística tem ligação direta com as operações militares, isso porque quando era definido que as tropas iriam avançar era montada uma estratégia militar pelos generais que necessitavam criar estratégias para suprir a necessidade de suas equipes

durante o processo de locomoção. Medicamentos, equipamentos e suprimentos alimentares eram distribuídos e organizados para que não faltasse nenhuma ausência dos mesmos no campo de batalha (SCORZA, 2007).

Rocha (2003) completa ainda que a inserção da logística eram fundamentais para superar as restrições de tempo e de lugar, tendo como objetivo o sucesso das estratégias e garantir a logística e o apoio das atividades militares. Um dos primeiros registros relacionados a logística é sobre o tratado Sun Tzu sobre a arte da guerra escrito a cerca de 600 a.C. O autor ainda ressalta que existem vários trechos que demonstram a importância da função de logística, principalmente sobre a entrega de suplementos e de abastecimento.

Na década de 1970 houve a crise do petróleo e os custos de transporte, os carregamentos de inventário e os custos financeiros eram relativos à manutenção dos estoques e ocasionaram um aumento significativo onde a inserção da logística era necessária para minimizar os problemas. A inserção da logística foi fundamental para a expedição de produtos e impulsionou uma série de eventos voltados ao transporte (CHRISTOPHER, 1999).

O processo de evolução da logística mostra que inicialmente era para ser apenas uma atividade de apoio e não vital para a sobrevivência dos negócios. Com o passar das três últimas décadas passou a ser uma atividade classificada como atividade gerencial e essencial para o desenvolvimento do empreendimento (FARIA, 2003).

A logística faz parte do processo de cadeia de suprimentos, por ajudar a planejar, programar e controlar todo o fluxo de estocagem de bens, serviços e informações que tem relação direta com o ponto de origem de acordo com na necessidade do consumidor. É dentro dessa visão que se compreende os pré-requisitos da aquisição de materiais, onde deve-se levar em consideração os distribuidores e o consumidor final (BALLOU, 2011).

A logística trabalha de forma integral com a gestão de materiais, cuidando dos suprimentos e da distribuição dos produtos de forma racionalizada, o que significa um planejamento para diminuir as chances de desperdícios da matéria prima, o que aumenta o processo de competitividade das empresas. Por conta da constante mudança do cenário econômico, a logística surge como principal ferramenta para competir dentro do mercado (MARTINS, 2001).

O autor Martins (2001) ressalta que a logística deve ser vista como uma operação integrada à cadeia de suprimentos e distribuição de produtos, onde a racionalização é o principal ponto de partida para o planejamento e execução das atividades. Todo o processo de controle de atividades que começa na aquisição de materiais, passa pela estocagem até a concepção do produto final necessita estar alinhada a logística.

A logística nasce da necessidade das organizações em reduzir os custos das empresas, dando maior importância no atendimento ao cliente. Quando a produção consegue se igualar as necessidades do cliente, a eficiência e eficácia conseguem suprir as expectativas dos administradores que buscam alternativas para maximizar sua produção (GONÇALVES, 2007).

Todas as atividades de movimentação e armazenagem, que buscam facilitar o fluxo de produção fazem parte do processo logístico que administram os materiais. A adminis-

tração de materiais se alinha a essa logística como um conjunto de tarefas que tem como objetivo proporcionar um fluxo contínuo de compras e de manutenção de estoque, fazendo com que a empresa consiga ter uma organização que possibilite a falta de qualquer componente, tanto para o processo produtivo, quando em relação à prestação de serviços (FRANCISCHINI; GURGEL, 2002).

Nesse contexto a logística possui função em qualquer área e busca diminuir os problemas financeiros e de falta de gerenciamento, otimizando assim o fluxo de informações. Segundo Nascimento (2014) a origem da palavra logística vem da França e é proveniente do verbo “*loger*” que significa alojar. Esse termo foi muito utilizado pelas tropas do exército para transportar, abastecer e alojar os mantimentos durante a guerra.

A inserção da logística dentro do canteiro de obras ganhou destaque com o passar dos anos, por está diretamente ligada aos aspectos técnicos como desperdícios, retrabalho, remanejamento e prazos. Logo essa ferramenta passou a ser vista como um investimento aplicado na área de produção contribuindo para o ciclo de melhorias dentro do canteiro de obras fazendo também parte do gerenciamento da cadeia de abastecimento (SILVA, 2018).

Para Cavalcante e Freitas (2010) o gerenciamento da cadeia de abastecimento junto com a logística busca planejar, implementar e controlar todo o fluxo de armazenamento de materiais, o que torna o custo da matéria-prima mais econômico e a distribuição mais eficiente. Juntas essas ferramentas sanam grande parte dos desperdícios de materiais, que já foi visto como uma problemática na área da construção civil. Os autores ainda ressaltam que a logística pode ser dividida em dois tipos de atividades, são elas as principais (processamento de pedidos, gerenciamento de estoque e transportes) e as secundárias (sistema de distribuição, programação de pedidos, compras, embalagens, manuseio de materiais e armazenagem).

Todos os arranjos da logística possuem ligação com a uniformidade das informações, onde a busca pelo aperfeiçoamento das operações é o principal intuito. A logística possui variadas operações de prevenção e segurança, onde o objetivo é criar uma sistemática de reposição sem que ocorra qualquer tipo de interferência de terceiros, essa sistemática além de organizacional te, relação direta com o fluxo de informações e liga um setor ao outro agilizando assim a entrega das atividades (DIAS, 2017).

No canteiro de obras a inserção da logística busca criar parâmetros e estratégias que buscam o planejamento das empresas, através da análise do ambiente, verificação dos pontos fortes e pontos fracos, capacidade de movimentação, formulação de situações, estratégias de distribuição e averiguação de possíveis ameaças para execução das atividades. Nesse sentido a escolha dessas estratégias alinha as vantagens competitivas dentro do mercado da construção civil, visto que essas informações somam produtivamente e economicamente (AGUIAR, 2016).

Portanto a logística dentro do canteiro de obras é classificada como um processo multidisciplinar aplicado na prestação de serviços, que busca diminuir os gastos e reduzir os desperdícios. Essa ferramenta busca garantir o abastecimento, melhor o processo de disponibilização dos recursos e flexibilizar o atendimento dos profissionais que atuam nesse tipo e serviço.

4. PROCESSO DE GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO DE MATERIAIS DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS

Os suprimentos da construção civil podem ser classificados em qualquer nível de processo de fabricação das obras. As matérias-primas utilizadas são classificadas como suprimentos. Esses suprimentos dão suporte ao processo produtivo, aos equipamentos e são peças fundamentais pra o processo construtivo. Nesse sentido alguns suprimentos são: cimento, aço, ferro, areia, agregados, formas, revestimentos, tubos e conexões (SCHLINDWEIN, 2012).

A cadeia de suprimentos da construção civil também é denominada de cadeia de logística ou *supply chain*, que faz parte de um grupo de linhas de demandas produtivas. A gestão de suprimentos é crucial para qualquer atividade econômica. Logo o gestor de suprimentos necessita controlar o fluxo de entrada de informações, bens, finanças e serviços mantendo uma relação compacta e produtiva com o processo de gerenciamento (GAMA JUNIOR, 2013).

O gerenciamento da cadeia de suprimento contribui para melhorar diversas etapas do processo de logística de produção. De forma resumida os suprimentos da construção civil devem levar em consideração as seguintes fases: o planejamento da obra, previsão de demanda, seleção e relacionamento com fornecedores, processo de fabricação, armazenamento e entrega (FALCÃO, 2010).

Grande parte dos setores de suprimento faz a negociação direta com o fornecedor, o que contribui para sanar possíveis problemáticas no processo aquisitivo de matéria-prima. É necessário que se tenha como base o projeto a ser desenvolvido buscando assim sanar possíveis desperdícios de materiais. É de responsabilidade do setor de logística e suprimento a qualificação do fornecedor, assim como o cumprimento de prazos, condição de pagamento e qualificação dos produtos (CHING, 2016).

Como função o gerenciamento de suprimentos busca identificar os erros mais comuns que ocorrem no processo de compra de materiais de construção. Logo é fundamental que o setor possua uma boa coordenação, onde são feitas as compras e os estudos dos pedidos, assim como o controle de requisição e recebimento, que faz com que ocorra um relacionamento entre fornecedores e serviços aplicado (DIAS, 2017).

A qualidade dos materiais é outro fator que necessita de atenção do departamento de suprimentos. O processo de aquisição de material necessita de uma aprovação para ser entregues, outros processo também ocorrem como a expedição que corresponde a qualidade e garantia dos materiais, equipamentos e padrões de qualidade. A inspeção é de responsabilidade do fornecedor. Por fim o processo de armazenamento e controle de estoque que é responsável pela definição de locais de descarga e estocagem (AGUIAR, 2016).

A necessidade de se manter no mercado de trabalho, fez com que algumas empresas procurassem se adaptar ao processo de manutenção competitiva nas últimas décadas, em consequência disso a expressão de melhoria continua tornou-se algo bem mais comum. Os programas de melhoria interna começaram a ser usados com mais frequência, quebrando assim uma espécie de tabu do que antes era considerado inaceitável por parte de alguns gestores (FONTENELE FILHO; CORREIA NETO, 2014).



Logo, produção necessitaria de uma medida estratégica como a cadeia de suprimentos. Segundo os argumentos de Aguiar (2017), as organizações cada uma a sua maneira mostram suas forças e fraquezas, podendo competir de diversas formas. Parecido, os sistemas da produção possuem atributos operacionais particulares e não padronizadas, contudo o intuito da produção é colocar em prática um sistema, que por meio de uma vasta relação e tomadas de decisões internas, se discuta a preferência referente à competitividade.

Para garantir que o produto chegue até o consumidor final vários processos são feitos e vários profissionais fazem parte desse contexto. Logo há uma enorme trajetória longitudinal que faz parte desses procedimentos. A cadeia de suprimentos tem ligação direta com empresa e busca melhorias significativas para o processo produtivo (VIEIRA; HÉLIO FLAVIO, 2006).

O processo produto acabado se inicia nas fontes de matéria-prima, onde os insumos são os mais variados possíveis, sendo estes levados para indústria de fabricação de acordo com seus componentes necessários para o processo produtivo de tal produto. Ocorre a manufatura do produto que depois irá passar por vários métodos de armazenagem e de distribuição. É através desses métodos que o produto chega até o consumidor final. Trata-se de um longo caminho que constitui a cadeia de suprimentos (NASCIMENTO, 2014).

A cadeia de suprimentos ou logística pode ser definida como um conjunto de atividades de transporte, controle e estocagem que são feitas de forma repetidas e algumas vezes passam por um longo canal de distribuição, sendo convertidos em produtos acabados. A cadeia de suprimentos inclui todo um desenrolado de processos que são disparados a partir do momento em que o comprador necessita de um determinado produto até o processo de disposição final.

O conceito de cadeia de suprimentos tem ligação direta com a sequência de produção, gerando valores ao produto e a prestação de serviços para o cliente, isso ocorre em decorrência do processo de conexão de processos. A abordagem sobre a cadeia de suprimento vai além das fronteiras de distribuição de produtos, ela fortalece ganhos e contribui para melhorar os resultados produtivos (NASCIMENTO, 2014).

A cadeia de gestão de suprimentos é responsável por tratar problemas de logística ligados ao processo de fluxo de materiais, assim como informações que geram um novo fluxo de demanda de materiais cooperando para reduzir custos e desperdícios de materiais. Logo em uma abordagem mais moderna sobre a cadeia de suprimentos estuda-se a multidisciplinaridade dessa ferramenta para a construção civil, de acordo com as necessidades de logística que são implantadas nos canteiros de obras (CHING, 2016).

Há no mercado uma grande diversidade de conceitos atribuídos a gestão de cadeia de suprimentos, porém as perspectivas analisam de forma diferente o desempenho da cadeia de suprimentos, de acordo com o objetivo estabelecido pela organização. A evolução da cadeia de suprimentos tem ligação direta com a logística e com os consumidores, onde o processo competitivo passou a ser inserido como dinamismo de diferenciação de sistemas aplicados (FALCÃO, 2010).

Tanto a logística quanto a cadeia de suprimentos possuem distinção e atribuições

iguais. Logo é necessário compreender que a logística tem relação direta com a cadeia de suprimentos. As atividades administrativas de produção devem ser abordadas de forma distinta, onde os interesses logísticos e produtivos são vistos de forma diferente (CHING, 2016).

A gestão de cadeia de suprimentos nada mais é que o processo evolutivo do modo como as atividades logísticas são explanadas. Assim como a produção, a gestão da demanda visa garantir o gerenciamento e a medição de esforços sobre as áreas que fazem parte da previsão de demanda. Essa gestão trabalha vários aspectos que estão ligados em relação à influência sobre o mercado, a priorização da alocação e a comunicação dentro do mercado através da cadeia de suprimentos (VIEIRA; HÉLIO FLAVIO, 2006).

Segundo Schlindwein (2012) essas habilidades servem para prevenir o processo de demanda e alinhar a antecipação futura sobre uma determinada pressão, isso é decorrência de uma formação baseada em dados históricos que são usados de maneira temática. Esses dados servem para explicar o comportamento da demanda em relação a sua capacidade de derivar diversas situações e informações de estimativas futuras para o mercado.

Diante disso é criado um canal de comunicação entre o mercado e as empresas, que visa evitar o desperdício de qualquer informação de previsão de venda de um determinado produto. Além disso, eles tratam da previsão de demanda como um comportamento necessário para o processo lucrativo, que usa as negociações como parcela de entrega e oferece um mix de produtos, usando o marketing e as promoções como forma de propagação no mercado (AGUIAR, 2016).

As atividades relacionadas aos prazos de entrega também são de cunho importante para o processo produtivo e de demanda, pois as responsabilidades são atreladas a diversos setores, como o financeiro, o estoque e a produção. O processo de distribuição dos produtos é considerado um dos que mais chamam atenção dentro da gestão de demanda, isso ocorre porque os clientes fazem parte de uma parcela essencial para a vida da empresa. Quando um pedido é solicitado para o setor de vendas, é necessário que já se tenha a postos o produto para suprir a necessidade do cliente de forma imediata (FALCÃO, 2010).

A cadeia de suprimentos é de caráter multifuncional, ou seja, trata-se de um processo que não é restrito apenas a uma única atividade empresarial, mas sim a diversas atividades que em conjunto devem manter o comprometimento da previsão de demanda, entre elas a comercial, a de planejamento e a de logística (NOGUEIRA FILHO; ANDRADE, 2010). Mas para que isso ocorra diversos fatores são necessários, entre eles alguns estão atribuídos a responsabilidades de informação, cujo principal objetivo é manter os dados atualizados para favorecer a necessidade da empresa e se manter no mercado. Mesmo com a evolução dos recursos tecnológicos muito ainda precisa ser feito por conta das altas doses de experiência e planejamento das demandas (NASCIMENTO, 2014).

A logística só passa a ser de responsabilidade da área de planejamento quando os problemas começam a ocorrer de forma gradativa, ou seja, quando a empresa não consegue mais acompanhar o ritmo do mercado e necessita de novos processos para se manter dentro do mesmo. Como a gestão é feita de maneira estratégica com a área comercial, diversos problemas podem surgir ao longo desse desenvolvimento. Um dos problemas os quais as empresas têm enfrentado dificuldades é o desperdício em excesso dos recursos



produtivos, isso ocorre porque a área de vendas não se identifica com o principal objetivo que é vender e produzir com qualidade (PEREIRA, 2012).

Em decorrência disso muitas empresas têm criado área específica para tratar das relações entre os setores administrativos e produtivos. Isso cria uma dinâmica comunicativa e garante que as informações cheguem de maneira segura até os gestores (GAZABIM, 2010). É válido ressaltar que a previsão de demanda tem como foco principal manter o planejamento estratégico com foco voltado para a produção, pois é voltada para ela que seu desenvolvimento desenvolve-se dentro mercado.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho teve como objetivo compreender a importância da logística como ferramenta auxiliadora no processo de administração de materiais dentro do canteiro de obras da construção civil. Levando em consideração toda a abordagem histórica que vai desde a aquisição da mercadoria, até a chegada do mesmo ao consumidor final.

No transcorrer do estudo, os objetivos fundamentados foram idealizados levando em consideração o histórico sobre a logística, gestão de materiais e importância classificação de materiais e as atividades desenvolvidas, que vão desde os primeiros relatos de organização do homem na terra até o começo do processo de obras da construção civil, período este que foi marcado pela Revolução Industrial, onde a produtividade começou a cair e foi preciso criar um novo ciclo para a administração de materiais para que o fluxo físico aumentasse a liquidez das empresas.

Após contextualizar o período de desenvolvimento histórico da gestão de materiais, foi abordado sobre os procedimentos aplicados na gestão de materiais, tendo como foco principal a sequência das operações e os princípios da identificação do fornecedor no ato da compra, até as vias de transporte e armazenagem. Abordando ainda as técnicas de administração de estoque, sendo está indispensável para alinhar o andamento e desenvolvimento do negócio.

Foi feito um ainda no decorrer do trabalho um estudo sobre o papel da gestão de estoque dentro do controle de materiais, onde foi explorada a definição de estoque, o processo de adaptação das empresas, capital de giro, e a importância desse estoque para o desenvolvimento do empreendimento, levando em consideração toda a abordagem histórica que o mesmo vem sofrendo no decorrer dos anos. Tudo isso se deve ao processo tecnológico, que teve grande influência no decorrer dos anos, tendo em vista que o controle de estoque é fundamental para controlar o processo de compra e venda de mercadorias, além da rentabilidade para a indústria da construção civil.

Conclui-se, portanto que o propósito deste estudo é abordou sobre como a logística passou a ter uma atuação significativa dentro do canteiro de obras, contribuindo em diversos aspectos para a redução de materiais e evitando possíveis obstruções da movimentação de equipamentos. Ressalta-se também que o processo tecnológico, que teve grande influência no decorrer dos anos para a logística, tendo em vista que o controlar

o desenvolvimento das obras gerou rentabilidade e produtividade para as empresas do ramo da construção civil.

Referências

AGUIAR, Gustavo dos Santos Guimarães. **Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios**. 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Profissional em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BALLOU, Ronald H., **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: Logística Empresarial. 5ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BEZERRA, Alan Michel Nogueira. **Um estudo de caso com enfoque em movimentações de materiais**. 2010. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CHRISTOPHER, Martin, **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. Pioneira: São Paulo, 1999.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia logística integrada**: Supply chain. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CAVALCANTE, Milena Andrade; FREITAS, Rosana Leal Simões de. **Logística no Canteiro de Obras**, Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2010.

DIAS, Marco Aurélio. **Introdução à logística**: fundamentos, práticas e integração. São Paulo: Atlas, 2017.

FALCÃO, T. F. **Diretrizes estratégicas para melhoria da eficiência logística em um canteiro de obra para execução de alvenarias e revestimentos de argamassa**. 2010. 131p. Pós-graduação em Geotecnia, Mecânica das Estruturas e Construção Civil – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

FARIA, A. C. Custos Logísticos: Uma Abordagem na Adequação das Informações de Controladoria à Gestão da Logística Empresarial. 2003. 220 f. Tese (Doutorado em Controladoria e Contabilidade) – Universidade de São Paulo, 2003.

FRANCISCHINI, Paulino; GURGEL, Floriano do Amaral. **Administração de materiais e do patrimônio**. São Paulo: Pioneira Thomson, 2002. 310 p.

FONTENELE FILHO, J. O.; CORREIA NETO, J. F. **Análise da importância de ferramentas para a gestão de custos no ambiente da construção civil**. Ceará: UFC, 2014. 14 p.

GAMA JUNIOR, A. C. de A. **Diretrizes com base em avaliação d ciclo de vida para redução de emissão de dióxido de carbono em revestimento de argamassa**. 105p. Mestrado em Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

GAZABIM, Giuliano Scargion. **Análise do fluxo físico de materiais no canteiro de obras**. 2010. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

GONÇALVES, P. S. **Administração de Materiais**. 3.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

NASCIMENTO, Renata Rodrigues. **Logística na construção de edifícios: Estudo de caso em grande construtora**. 2014. 136f. Monografia (Pós-Graduação lato-sensu em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NOGUEIRA FILHO, A. G.; ANDRADE, B. S. **Planejamento e controle em obras verticais**. Belém: UNAMA,



2010. 82 p.

PEREIRA, Rafael Gonçalves Fagundes. **Estudo da logística do canteiro de obras de um edifício térreo.** 2012. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

ROCHA, Paulo Cesar Alves. Logística e Aduana. 3ª Ed. São Paulo: Aduaneiras, 2003. 190p.

SCHLINDWEIN, Willian. I. **Análise logística do canteiro de obras:** Estudo de Caso. 2012. 53 f. TCC (graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Regional de Blumenau, Blumenau, 2012.

SCORZA, F.A.T. O controle aduaneiro e a facilitação do comércio: efeitos das negociações multilaterais sobre a legislação brasileira. 2007. 206 f. Dissertação (Mestrado em Direito) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

SILVA, Alice Duarte; SIMÃO, Alessandra dos Santos; MENEZES, Carlos Augusto Gabriel. **Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira.** Associação Educacional Dom Bosco, Rezende – RJ, 2018.

VIEIRA, HÉLIO FLAVIO. **Logística Aplicada à Construção Civil:** como melhorar o fluxo de produção nas obras. São Paulo: Editora PINI, 2006. 178 p.

CAPÍTULO 12

A IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA DENTRO DO CANTEIRO DE OBRAS E SUAS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

*THE IMPORTANCE OF LOGISTICS WITHIN THE CONSTRUCTION SITE
AND ITS TECHNOLOGICAL INNOVATIONS*

João Américo Carvalho Mendonça¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente estudo tem como temática a logística do canteiro de obras e suas inovações tecnológicas. A logística tem como principal objetivo fornecer produtos e serviços no local e no momento esperado pelos clientes, por conta disso é necessário que se compreenda a importância da implantação de ferramentas logísticas como maneira de melhorar a distribuição dentro das organizações. A utilização da logística modificou a distribuição física das empresas e propôs a essas uma melhor arrecadação e organização de seus espaços dentro do canteiro de obras, contribuindo para maximizar e melhorar o processo produtivo através da inserção de métodos tecnológicos e ferramentas administrativas que juntas contribuem para sanar a problemática do desperdício de materiais. O objetivo geral deste estudo buscou compreender a importância da inserção da logística e suas ferramentas tecnológicas para aumentar a produtividade e agilidade dentro do canteiro de obra da construção civil. A metodologia utilizada foi uma revisão de literatura, utilizando livros, artigos científicos e publicações periódicas para a elaboração do estudo. Por fim, apresentam-se a importância da logística do canteiro de obras, onde esta contribui para as atividades de modo geral focando na movimentação e armazenagem, visando facilitar o fluxo de produtos (ou serviços) desde o processo de aquisição da matéria-prima até a entrega ao consumidor final.

Palavras-chave: Logística. Canteiro de Obras. Construção Civil. Tecnologias. Ferramentas.

Abstract

This study has as its theme the logistics of the construction site and its technological innovations. The main objective of logistics is to provide products and services at the place and at the time expected by customers, because of this it is necessary to understand the importance of implementing logistic tools as a way to improve distribution within organizations. The use of logistics changed the physical distribution of companies and proposed to them a better collection and organization of their spaces within the construction site, contributing to maximize and improve the production process through the insertion of technological methods and administrative tools that together help to heal the issue of waste of materials. The general objective of this study sought to understand the importance of the insertion of logistics and its technological tools to increase productivity and agility within the construction site. The methodology used was a literature review, using books, scientific articles and periodicals for the elaboration of the study. Finally, the importance of construction site logistics is presented, where it contributes to activities in general focusing on movement and storage, aiming to facilitate the flow of products (or services) from the raw material acquisition process to delivery to the final consumer.

Keywords: Logistics. Construction site. Construction. Technologies. Tools.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é considerada como um dos principais setores da economia brasileira. Por esse motivo possui uma enorme importância em relação aos aspectos econômicos, sociais e ambientais onde este se relaciona diretamente com a grande quantidade de entulho gerada pelo setor principalmente no espaço urbano. Por conta disso é necessário compreender como funciona a logística do setor e quais os métodos utilizados para sanar os desperdícios dentro do canteiro de obras.

Por conta dos inúmeros problemas ligados aos atrasos das obras, índice baixo de produtividade e desperdício de material os gestores empregaram dentro do projeto arquitetônico e estrutural a logística de materiais para minimizar possíveis desgastes ao serviço. A logística desenvolvida buscou suprir e reciclar os materiais contribuindo para um planejamento que evita possíveis desperdícios focando na produtividade.

Porém essa logística não seria suficiente para sanar os problemas econômicos e operacionais, tornou-se necessário investir em tecnologias que contribuíssem para o dia a dia dentro do canteiro de obras. Essas tecnologias buscaram otimizar e potencializar os resultados, conseqüentemente geraram perenidade para os investimentos. Essas ferramentas tecnológicas facilitaram o compartilhamento de informações, assim como a aquisição e reposição de materiais com mais agilidade.

Nesse contexto a logística passou a ser inseridos como ferramenta auxiliadora e norteadora para distribuição, compras, vendas, armazenamento e gerenciamento do fluxo de suprimentos. Passando também a contribuir com a organização das atividades dentro dos canteiros de obras, como a determinação de atividades e contenção de desperdícios que até então não possuía grande importância para o setor. Surge então uma problemática a ser analisada: Como a logística e as inovações tecnológicas da construção civil contribuíram para diminuir o desperdício de materiais e melhorar a produtividade dentro do canteiro de obras?

O objetivo geral buscou compreender a importância da inserção da logística e suas ferramentas tecnológicas para aumentar a produtividade e agilidade dentro do canteiro de obra da construção civil. Já os específicos buscaram: conceituar o contexto histórico da logística no canteiro de obras, definir as principais ferramentas tecnológicas empregadas na logística do canteiro de obras e avaliar como a logística contribuiu para reduzir os custos e o tempo das obras através do uso de inovações tecnológicas.

A respeito da metodologia do trabalho foi utilizada uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como LILACS, SCIELO e Google Acadêmico. Os principais autores consultados foram: Aguiar (2016), Dias (2017) e Sousa (2010). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Logística, Canteiro de Obras, Construção Civil, Tecnologia e Ferramentas



2. CONTEXTO HISTÓRICO DA LOGÍSTICA NO CANTEIRO DE OBRAS

A logística significa contabilidade e organização, e um termo originário da Grécia. O termo logística também tem suas origens do francês "*logistique*", que significa a arte de planejar e realizar vários projetos. Esse termo foi utilizado durante a primeira guerra mundial, para os civis adaptarem suas trocas de informação (BALLOU, 2013).

Francischini e Gurgel (2002) afirma que a logística surgiu durante as guerras, onde os militares planejavam vários itens importantes, como o armazenamento, a distribuição e a manutenção dos seus armamentos, roupas, alimentos, transportes e etc. Com o passar dos anos a logística foi se adaptando a diversas situações, ganhando assim ênfase em uma série de atividades que tinham como principal alvo, a distribuição de materiais.

Os autores Francischini e Gurgel (2002) ressaltam que a logística era na época um instrumento essencial para as tropas, pois graças a essa ferramenta era possível organizar e executar determinadas atividades no momento certo. O avanço das tropas (ou deslocamento) necessitava de uma logística que fizesse a manutenção da munição, dos equipamentos e socorros para que a chegada no campo de batalha não sofresse nenhum tipo de alteração.

A logística tem como principal objetivo fornecer produtos e serviços no local e no momento esperado pelos clientes, por conta disso é necessário que se compreenda a importância da implantação de ferramentas logísticas como maneira de melhorar a distribuição dentro das organizações. A utilização da logística modificou a distribuição física das empresas e propôs a essas uma melhor arrecadação e organização de seus espaços (BALLOU, 2006).

Definição de logística pode ser feita como o processo de planejamento, implementação e controle eficiente e eficaz do fluxo e armazenamento de mercadorias, prestação de serviços e informações relacionadas, desde o ponto de origem da distribuição até o ponto de consumo que tem como principal objetivo atender as necessidades dos clientes.

Segundo Fleury (2000) a logística durante anos teve sua ligação única apenas com o transporte e entrega de materiais. Com o passar dos anos seus objetivos foram se adaptando aos mecanismos de entrega e organização de materiais utilizando um curto espaço de tempo e estudando as rotas de circulação, o que potencializou a prestação de serviço.

Com o passar dos anos a logística ganhou destaque dentro do canteiro de obras, se destacando como ferramenta principal para a distribuição de materiais e armazenamento. A principal missão da logística consiste em colocar os produtos e serviços certos, no lugar certo, no momento certo, respeitando as situações e condições desejadas. A logística foca no processo de distribuição físico, onde a entrega do produto certo deve ser feita de acordo com o mapeamento do local e da necessidade (SOUZA, 2010).

Nesse contexto os métodos de aplicação da logística com o passar dos anos evoluíram de forma significativa, trazendo várias inovações para o ramo das empresas da construção civil. Essa ferramenta possui grande importância dentro do canteiro de obras, para contribuir para o planejamento das atividades, diminuir o desperdício de materiais e aumentar a produtividade. Na área da construção civil a modernização dos conceitos de

logística é procurada para melhorar o planejamento das obras e evitar que ocorram gastos fora do orçamento planejado (DIAS, 2017).

Quando aplicada no canteiro de obras a logística modifica a rotina dos empregados e também passa a ser um ponto tático, sendo este considerado de total importância para atender as necessidades das construções, sejam de pequeno, grande ou médio porte. Assim passou a ser fundamental planejar, e aprimorar o fluxo de armazenamento de materiais dentro do canteiro de obras. O canteiro de obras pode ser definido como um planejamento do layout e de logística provisória, onde é necessário instalações e sistemas de segurança que busquem planejar o processo de armazenamento de materiais e planejamento de distribuição. Esse layout envolve toda a estrutura dos arranjos físicos onde os trabalhadores se alojam, assim como os cômodos onde os materiais, equipamentos e estocagem (CAVALCANTI; FREITAS, 2010).

Junto com o crescimento do setor da construção civil surgiram várias inovações tecnológicas, que contribuíram para o desenvolvimento das obras. Esses avanços facilitaram a competitividade dentro do mercado e aumentaram a sustentabilidade dos serviços incorporando novas metodologias de técnicas que potencializaram o processo produtivo através de diversas ferramentas que buscam otimizar, potencializar os resultados e aprimorar o desenvolvimento das obras (LEME, 2005).

A etiqueta inteligente é uma dessas inovações tecnológicas, que busca facilitar a logística de distribuição de materiais dentro do canteiro de obras. É uma ferramenta de identificação utilizada através de radiofrequência que permite o compartilhamento remoto de informações comumente utilizado nas construções de edifícios, ele permite que a equipe seja atualizada dos projetos tirando dúvidas e controlando de forma efetiva a distribuição de materiais (CORRÊA, 2009).

Já os aplicativos de monitoramento fazem parte da rotina do pessoal e facilitam a comunicação mesmo que o distanciamento seja longo. Esses aplicativos são projetados para melhorar a comunicação, organizar documentos, armazenar dados das obras e tornar mais eficiente o gerenciamento de suprimentos dentro do canteiro de obras. É possível acompanhar em tempo real o andamento das atividades, já que esse tipo de aplicativo permite acompanhar o desenvolvimento das obras através do compartilhamento de informações (AGUIAR, 2016).

Essas tecnologias trouxeram inúmeras vantagens para a construção civil, principalmente no alinhamento das atividades que devem cumprir as exigências das normas regulamentadoras onde os serviços de alto risco e saúde podem comprometer a saúde dos trabalhadores (BEZERRA, 2010). Ressalta-se que a implantação desse tipo de sistemática até pouco tempo ainda era visto como um tabu para grande parte dos profissionais.

A logística no canteiro de obras visa à garantia da existência contínua de um estoque, sendo organizado de forma a nunca faltar nenhum dos itens que sejam necessários para a sua composição, porém não pode de forma alguma fazer com que essa aquisição se torne um investimento abusivo para o custo total da empresa assim como buscou contribuir para a produtividade de forma mais ágil (BOWERSOX; CLOSS, 2010).

A responsabilidade pela coordenação do planejamento controle os fluxos de mate-



riais, controle dos equipamentos, proteção, a partir do fornecedor, tendo que passar pela produção até chegar ao consumidor, todo o processo de classificação de estoque é englobado dentro de uma sequência de operação que tem início na identificação do fornecedor, na hora da compra, recebimento, transporte e acondicionamento de todo o processo produtivo. Isso garante que esse produto chegue de forma intacta o consumidor final ficou a cargo da logística e das ferramentas tecnológicas inseridas ao longo dos anos (CHING, 2016).

A inserção tecnológica contribuiu para facilitar o compartilhamento de informações de forma instantânea e fez toda a diferença dentro do canteiro de obras, principalmente ao cumprimento dos prazos estabelecidos. Para a logística a tecnologia facilitou a tomada de decisões em curto prazo, potencializando também o acesso a distribuição de materiais que gerou vários transtornos antes da catalogação e divisão correta (DIAS, 2017).

Outro ponto positivo com a inserção dessas ferramentas tem ligação com a diversidade de profissionais que passaram a atuar dentro do canteiro de obras, o que facilitou bastante a comunicação e as etapas da construção. A insatisfação por parte dos clientes deu lugar a elogios que se tornaram frequentes por conta da inserção das ferramentas eficientes como softwares inteligentes que permitiram o registro das atividades em tempo real (AGUIAR, 2016).

Todas essas observações devem ser feitas de forma rotineira com a finalidade de criar uma organização operacional da administração de materiais e evitar qualquer tipo de descontrole. É fundamental que a empresa antes de tudo faça um apanhado do tipo de estoque que possui, como forma de garantir um suporte os suprimentos necessários para sua produção dentro do canteiro de obras.

3. AS FERRAMENTAS DA LOGÍSTICA DO CANTEIRO DE OBRAS

A história da logística no canteiro de obras se dá desde os primeiros relatos de organização dos homens na terra. Ela existiu para que os homens medievais praticassem o processo de escambo, como a troca de utensílios e caças, passando por diversos momentos da história. A ideia principal desse processo era garantir a existência contínua de produtos como forma organizada, de modo que nenhum suprimento faltasse ou fosse guardado em excesso (SOUZA, 2005).

Em meados do século XVIII e XIX no período da Revolução Industrial a concorrência no mercado aumentou de forma gradativa, criando a necessidade de aplicações e operações mais sofisticadas para a comercialização dos produtos. Isso fez com que a organização do estoque ganhasse mais importância diante da necessidade de melhorar a produtividade e diminuir o processo de perda. Esse período foi marcado por diversas modificações no mercado, onde o trabalho braçal foi trocado pelas máquinas (ALVES, 2000).

A evolução fabril aumentou e conseqüentemente processo tecnológico teve um impulso nesse processo de administração de materiais, criando assim um impulso para que as empresas alcançassem seus objetivos em relação ao processo de qualidade. A primeira e a segunda guerras mundiais fizeram com que houvesse a comprovação real da necessi-

dade de administrar os estoques, com a finalidade de garantir uma boa média em relação à competitividade (CHING, 2016).

Nesse contexto a Administração de Materiais é o termo mais utilizado dentro do estoque. Segundo Gonçalves (2013), os estoques são os materiais e os suprimentos que uma organização ou instituição mantém, tanto para suprir suas necessidades internas como para fornecer insumos para sua produção. Para Schlindwein (2010), todo o acúmulo de estoque em níveis adequados é uma necessidade para que o processo produtivo da empresa seja mantido de forma a suportar a demanda da necessidade da obra. A aquisição dos produtos de forma inadequada pode acarretar em prejuízos incalculáveis ou até mesmo levar a falência. Esse processo de aquisição de materiais leva tempo e requer um estudo aprofundado da real necessidade de aquisição.

Porém em contrapartida o estoque de uma empresa representa um investimento financeiro viável, sendo positivo quando se tem metas futuras a serem cumpridas. Pensando por esse lado, os estoques podem constituir um ativo circulando fundamental para que a empresa produza e venda com o mínimo de riscos de paralisação ou com a preocupação de faltas nos estoques fornecedores (BARROS, 2006).

Gonçalves (2017), afirma que os estoques representam um meio de investimento de todos os recursos que podem significar um alcance respeitável para o parcelamento dos ativos totais da construção civil. Para que se tenha uma administração viável do estoque é necessário um relacionamento com a área de finanças. Com isso é possível manter uma administração de materiais que facilita o fluxo físico de materiais e o reabastecimento adequado para a produção e vendas de mercadorias. Essa área de finanças é um dos principais alicerces para que o lucro e a liquidez da empresa sejam mantidos.

Ainda existem diversas incertezas sobre as demandas futuras ou sobre as variações de períodos de planejamentos, como a disponibilidade imediata de materiais que os fornecedores possuem os prazos de entrega, o retorno do capital investido ou causas que necessitam de um estoque permanente. É essas inseguranças que fazem algumas empresas manterem estoques permanentes (SOUZA, 2005).

De acordo com Lobos (2009), a classificação dos materiais pode ser composta pelos estoques e por diversos outros aspectos que devem ser medidos de acordo com a necessidade da construção. Porém para que se tenha êxito nessa composição é preciso à aplicação de estudos que meçam os materiais em produtivos e improdutivos. Esse tipo de estudo garante uma excelência e auxilia no processo político da formação dos estoques.

Dessa forma a Administração de Materiais é a ferramenta serve para gerenciar os estoques e suas naturezas que podem ser compreendidas como materiais improdutivos e produtivos. Podendo assim agrupar os produtos nas mais diversas origens e finalidades, a fim de reabastecer um empreendimento com agilidade e controle da demanda necessária, para que não se tenha gastos desnecessários ou estragos futuros (BARROS, 2008).

Todo esse processo de classificação de materiais pode ser definido como um conjunto de atividades que devem ser desenvolvidas dentro de uma empresa, podendo ser de forma centralizada ou não. Porém seu destino é suprir as diversas atividades de uma

unidade, com materiais que são necessários para o desempenho normal das atribuições desse setor (ALVES, 2000).

A classificação de materiais visa a garantia da existência contínua de um estoque, sendo organizado de forma a nunca faltar nenhum dos itens que sejam necessários para a sua composição, porém não pode de forma alguma fazer com que essa aquisição se torne um investimento abusivo para o custo total da empresa (CARDOSO, 2012).

A responsabilidade pela coordenação do planejamento e controle os fluxos de materiais, a partir do fornecedor, tendo que passar pela produção até chegar ao consumidor, todo o processo de classificação de estoque é englobado dentro de uma sequência de operação que tem início na identificação do fornecedor, na hora da compra, recebimento, transporte e acondicionamento de todo o processo produtivo. Isso garante que esse produto chegue de forma intacta o consumidor final (SOUZA, 2005).

Ching (2016) afirma que cabe a esse tipo de classificação o controle das disponibilidades e das necessidades totais dos processos produtivos que não envolvem somente os almoxarifados de matérias-primas e seus auxiliares, mas também todo o processo intermediário dessa aquisição. O principal objetivo é não deixar faltar nada para o processo de fabricação e assim evitar uma mobilização alta de recursos financeiros.

Segundo Lobos (2013, p.51), afirma que "a classificação de é um processo de aglutinação de materiais que necessita manter características semelhantes". Todos os dados fornecidos por essa classificação servem como informação gerencial da administração de materiais, onde a atenção se volta à determinação das categorias matérias, onde não apenas se tenta, mas se afirma uma infinidade de itens. Sem não houver uma classificação definida de materiais, é praticamente impossível gerir ou administrar um estoque.

O sistema de classificação pode possuir os mais diversos determinantes de qualidades ou atributos para que se torne satisfatório. Para Gonçalves (2017) esses atributos podem ser distribuídos em: Flexibilidade, Abrangência e Praticidade. No quadro abaixo esta descrita à relação desses atributos para uma melhor classificação de materiais:

A classificação por flexibilidade é um sistema de classificação flexível é o que permite todas as interfaces nas mais diversas variações de classificação, a modo de ampliar uma visão de gestão de estoque. Já a classificação por abrangência deve ser abordada por uma série de características materiais, sendo caracterizadas de forma abrangente. Todos os aspectos físicos, financeiros e contábeis são essenciais para um sistema abrangente de classificação. A praticidade é a classificação onde pode ser feita de forma direta sem o auxílio do gestor nos procedimentos mais diversos. Esta promove informações claras e objetivas dentro do canteiro de obras (CARDOSO, 2012). Segundo Gonçalves (2017) as etapas de classificação de materiais dos atributos podem ser de catalogação, Simplificação, Especificação, Normalização, Padronização e Codificação.

Dessa forma o processo de classificação de materiais tem os itens de estoques agrupados, onde existem diversos fatores agrupados que seguem vários critérios de determinação, seja pelo tamanho, pelo peso, pelo tipo ou pela forma como será utilizado. Todo esse processo é necessário para que se tenha uma excelência dentro do processo de otimização e do controle de estoque (CARDOSO, 2012).

Essas observações devem ser feitas de forma rotineira com a finalidade de criar uma organização operacional da administração de materiais e evitar qualquer tipo de descontrole. É fundamental que a empresa da construção civil antes de tudo faça um apanhado do tipo de estoque que possui, como forma de garantir um suporte os suprimentos necessários para sua produção (PEREIRA, 2012).

4. A CONSTRUÇÃO DA LOGÍSTICA NA REDUÇÃO DE REDUZIR OS CUSTOS E O TEMPO DAS OBRAS

A logística faz parte do processo de cadeia de suprimentos, por ajudar a planejar, programar e controlar todo o fluxo de estocagem de bens, serviços e informações que tem relação direta com o ponto de origem de acordo com na necessidade do consumidor. É dentro dessa visão que compreende-se os pré-requisitos da aquisição de materiais, onde deve-se levar em consideração os distribuidores e o consumidor final (ALVES, 2000).

A logística trabalha de forma integral com a gestão de materiais, cuidando dos suprimentos e da distribuição dos produtos de forma racionalizada, o que significa um planejamento para diminuir as chances de desperdícios da matéria prima, o que aumenta o processo de competitividade das empresas. Por conta da constante mudança do cenário econômico, a logística surge como principal ferramenta para competir dentro do mercado (GONÇALVES, 2017).

O Souza (2005) ressalta que a logística deve ser vista como uma operação integrada à cadeia de suprimentos e distribuição de produtos, onde a racionalização é o principal ponto de partida para o planejamento e execução das atividades. Todo o processo de controle de atividades que começa na aquisição de materiais, passa pela estocagem até a concepção do produto final necessita estar alinhada a logística.

A logística de materiais nasce da necessidade das organizações em reduzir os custos das empresas, dando maior importância no atendimento ao cliente. Quando a produção consegue se igualar as necessidades do cliente, a eficiência e eficácia conseguem suprir as expectativas dos administradores que buscam alternativas para maximizar sua produção buscando assim a diminuição de valores (SCHLINDWEN, 2012).

Todas as atividades de movimentação e armazenagem, que buscam facilitar o fluxo de produção fazem parte do processo logístico que administram os materiais. A administração de materiais se alinha a essa logística como um conjunto de tarefas que tem como objetivo proporcionar um fluxo contínuo de compras e de manutenção de estoque, fazendo com que a empresa consiga ter uma organização que possibilite a falta de qualquer componente, tanto para o processo produtivo, quando em relação à prestação de serviços (BARROS, 2006).

Nesse contexto o alinhamento da logística com a administração de materiais que se busca o agrupamento de materiais de várias procedências para a coordenação de atividades com demandas de produtos ou prestação de serviços da construção civil. Segundo Gonçalves (2013) o administrador de materiais necessita ter conhecimento sobre a logística de aquisição, a organização, comanda e todo o controle de funcionamento da distri-

buição de materiais, assim com conhecimento da demanda de produção.

Diante desse contexto ressalta-se a necessidade de compreender a importância da logística e da administração de materiais para coordenar as atividades e as demandas de produtos dentro das empresas. Essas ferramentas se alinhadas corretamente exercem um controle sobre a tomada de decisão que são de extremam importância para a sobrevivência do negócio através da redução de custos e do processo de implantação de tecnologias que contribuem para minimizar os danos causados pelo processo de desperdícios de materiais (SCHLINDWEIN, 2012).

No início da década dos anos 80 as empresas começaram a compreender a necessidade de melhorar o atendimento os seus clientes. Em consequência disso houve a necessidade de implantar a gestão de materiais no planejamento dos negócios. Isso ocorreu por conta da concorrência aumentar gradativamente nos últimos anos e o mercado exigir ofertas mais eficientes para equilibrar as finanças (CARDOSO, 2012).

Segundo Ching (2016), quando o produto solicitado pelo cliente é feito, ele pode chegar de forma rápida ou não na fábrica. Esse procedimento pode acarretar em problemas com a demanda, onde os ciclos de produção podem ficar mais lentos ou mais rápidos, variando do sistema utilizado pela empresa. O processo faz o despacho dos produtos ao cliente de forma direta ou indireta, podendo ser por meio do estoque ou por consolidação da carga dos materiais utilizados, é assim que a demanda trabalha com o fluxo de materiais.

O processo de fluxo de materiais é de extrema importância para o desenvolvimento do canteiro de obras, pois ele garante que a empresa mantenha o equilíbrio da qualidade e da quantidade que está sendo fornecida em um determinado momento. Além de influenciar no processo de logística, pois é responsável pela elaboração dos preços, ou seja, avalia a concorrência e vê qual o melhor custo benefício o produto está sendo disponibilizado dentro do mercado (LOBOS, 2013).

Para Mota (2009) o fluxo de materiais pode ser definido como uma parte da cadeia que reabastece, faz a implementação e o controle do fluxo de armazenagem de bens e serviços que dão origem ao produto final. Todo esse processo é parte de um planejamento que leva até o cliente satisfação e rapidez no processo de aquisição de mercadorias. Esse caminho é considerado um dos caminhos mais certos para transformação do processo produtivo, por ser ligado diretamente com o tempo de produção.

Vale ressaltar que para que haja uma melhoria dentro do fluxo de materiais é necessário avaliar quais os melhores caminhos a serem percorridos pelos materiais, até chegar ao consumidor final. Dependendo da situação, o custo da matéria-prima pode ser reduzido e com isso o fluxo se tornará mais eficiente, ou seja, com a modificação de um determinado arranjo físico de produção é preciso que seja considerada a forma como o fluxo está sendo desenvolvido e o processo de finalização, par assim aumentar a melhoria da qualidade (PEREIRA, 2012).

Segundo Picchi (2012) o fluxo de materiais tem como objetivo principal alcançar o processo de competitividade das empresas, para assim, conseguir buscar estratégias eficientes para seus processos e produtos. Todo o planejamento é feito através de ferramen-

tas que são importantes para manter a produção em dias e ágil. O processo de agilidade é um dos principais no requisito de desenvolvimento de mercado, visto que é ele um dos causadores.

A definição de fluxo de materiais está ligada diretamente ao processo de previsão de demanda, que seja como input para o planejamento da produção que tem interferência na realização das obras. É através desse planejamento que se pode definir qual a real necessidade da compra de matéria-prima, onde todo o processo de programação deve obrigatoriamente os *leads-time* de fornecimento dos fornecedores (GONÇALVES, 2013).

5. CONCLUSÃO

Ao longo dos anos o setor da construção civil ganhou destaque e passou a ter maior representatividade. Por possuir aspectos importantes ligados a economia e a sociedade de modo geral tornaram-se necessário organizar a forma como esse setor se tornaria mais produtivo e mais rentável, com isso os canteiros de obra ganharam uma ferramenta que se tornou essencial para o desenvolvimento de suas atividades, a logística.

Logo a logística passou a ser vista como ferramenta auxiliadora que contribui para distribuição, compras, vendas, armazenamento e gerenciamento do fluxo de suprimentos. É classificada como um instrumento necessário para distribuição de matéria-prima, principalmente no setor da construção civil que possui um alto nível de distribuição de materiais. Nesse segmento o desperdício de materiais é comum, o que gera danos e pode gerar atrasos na entrega das obras.

A divisão deste estudo foi feita em três capítulos, no primeiro capítulo foi contextualizado o histórico da logística dentro do canteiro de obras, assim como suas principais ferramentas tecnológicas implantadas e como a logística contribuiu para reduzir os custos e o tempo das obras com suas inovações. No capítulo seguinte foram discutidas as ferramentas da logística dentro do canteiro de obra, assim como sua classificação e as atividades de administração de recursos de materiais. No último capítulo foi feito o estudo da contribuição da logística na redução de custos, assim como o processo de organização do fluxo de gestão de materiais e a utilização da logística para administrar o canteiro de obras.

O presente trabalho buscou apresentar a importância da logística do canteiro de obras, onde esta contribui para as atividades de modo geral focando na movimentação e armazenagem, visando facilitar o fluxo de produtos (ou serviços) desde o processo de aquisição da matéria-prima até a entrega ao consumidor final. Assim o propósito da logística é proporcionar níveis de prestação de serviços adequados aos clientes, com custos mais acessíveis e no canteiro de obras busca minimizar o atraso das atividades e distribuição de materiais.

Referências

- AGUIAR, Gustavo dos Santos Guimarães. **Inovação em logística de canteiro de obras na construção de edifícios**. 2016. 135f. Dissertação (Mestrado em Profissional em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- ALVES, Thais da Costa Lago. In: **Diretrizes para gestão dos fluxos físicos em canteiro de obras**: proposta baseada em estudo de caso. 2000. 139p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2000. p. 24. Disponível em: http://alves.sdsu.edu/Thais_DissertacaoMestrado.pdf . Acesso em: 28 out. 2022.
- BALLOU, Ronald H., **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**: Logística Empresarial. 5ª.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BARROS, M M. S. B. **metodologia para implantação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. Ed. Ampliada e atualizada São Paulo: departamento de engenharia de construção civil. Escola politécnica da USP, 2006. 87p.
- BEZERRA, Alan Michel Nogueira. **Um estudo de caso com enfoque em movimentações de materiais**. 2010. 46 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.. **Logística Empresarial**: O processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2010. Tradução Equipe do Centro de Estudos em Logística.
- CARDOSO, Olga Regina. **Foco da qualidade total de serviços no conceito do produto ampliado**. Florianópolis, 2012. 4.02p., Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Confederação Nacional da Indústria (Brasil), Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil).
- CAVALCANTE, Milena Andrade; FREITAS, Rosana Leal Simões de. **Logística no Canteiro de Obras**, Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2010.
- CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia logística integrada**: Supply chain. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- CORRÊA, L.R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte. 70f. Belo Horizonte - MG, 2009.
- DIAS, Marco Aurélio. **Introdução à logística**: fundamentos, práticas e integração. São Paulo: Atlas, 2017.
- FLEURY Paulo Fernando . **Logística empresarial**: A perspectiva Brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.
- FRANCISCHINI, Paulino; GURGEL, Floriano do Amaral. **Administração demateriais e do patrimônio**.São Paulo: Pioneira Thomson, 2002. 310 p.
- GONÇALVES, Paulo Sérgio. **Logística e cadeia de suprimentos**: o essencial. Barueri: Manole, 2013.
- GONÇALVES, Jessica Paiva Lopes Buzetti; VIEIRA, Flávio Aburachid. Estudo sobre a logística na construção civil. **Revista Pensar Engenharia**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, p.55-71, jul. 2017.
- LEMES, Ubiraci Espinelli. **Como reduzir perdas nos canteiros**: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005.
- LOBOS, Júlio. **Encantando o cliente externo e interno**. 9. Ed. revisada, São Paulo: J. Lobos, 2013.
- MOTA, Gramsci Resende. **Princípios de movimentação e armazenagem na construção civil**. 2009. 64 f. Monografia (Graduação) - Curso superior em Engenharia Civil. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2009.
- PEREIRA, Rafael Gonçalves Fagundes. **Estudo da logística do canteiro de obras de um edifício térreo**. 2012. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.
- PICCHI, F. A. **Sistemas de qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. São Paulo, 2012.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SCHLINDWEIN, Willian. I. **Análise logística do canteiro de obras**: Estudo de Caso. 2012. 53 f. TCC (graduação em Engenharia Civil) - Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Regional de Blumenau, Blumenau, 2012.

SOUZA, Joana S. **Avaliação da aplicação do Índice de Boas Práticas de Canteiros de Obras em empresas de construção civil**. 2005. 86 f. TCC (Graduação) – Curso Superior em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

SOUZA, Josiani. **Como comprar materiais e serviços para obras**. 1º Edição. São Paulo, Editora Pini, 2010.



CAPÍTULO 13

O PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO DE CEMITÉRIOS

THE PROCESS OF WATERPROOFING CEMETERIES

Mayron Silva Alves¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Este trabalho tem como estudo buscou abordar a impermeabilização de cemitérios, que é uma das etapas mais importantes para a construção civil, porém ao longo dos anos vem sendo relegada por conta dos cursos e falta de informações sobre o aparecimento de patologias e danos ao meio ambiente. O processo de impermeabilização na construção dos cemitérios, serve para minimizar os riscos comuns de contaminação à água subterrâneas e superficiais, que ocorrem por conta do processo de decomposição dos corpos, além disso, vírus, bactérias e várias substâncias químicas resultantes do processo de embalsamento são liberadas sem que haja nenhum tipo de tratamento adequado. O processo de impermeabilização busca contornar esse problema, porque se trata de uma importante proteção que oferece diversos elementos para uma obra que está sendo sujeita às ações das intempéries, com o intuito de proteger as construções de diversos problemas patológicos que podem surgir em decorrência da infiltração da água, integradas ao oxigênio e a outros tipos de componentes que são considerados agressores para a atmosfera. O principal objetivo do trabalho é identificar a importância da análise e a identificação dos impactos ocasionados pelos cemitérios e todos os procedimentos adotados para a impermeabilização. A metodologia adotada foi à pesquisa bibliográfica, onde foram utilizadas fontes secundárias como artigos científicos e livros, levando em consideração toda a expansão histórica da temática em questão. Diante da exploração desse conteúdo foi possível desenvolver um estudo mais detalhado sobre a o contexto da construção de cemitérios, além dos desafios e processos de fatores que administram a relação do sistema de impermeabilização.

Palavras-chave: Cemitérios. Impermeabilização. Sistema de Impermeabilização. Construção. Zona Urbana. Construção Civil.

Abstract

This work has as a study sought to approach the waterproofing of cemeteries, which is one of the most important stages for civil construction, however over the years has been being relegated by the courses and lack of information on the appearance of pathologies and damage to the environment. the waterproofing process in the construction of cemeteries serves to minimize the common risks of contamination to groundwater and surface water, which occur due to the process of decomposition of bodies, in addition viruses, bacteria and various chemical substances resulting from the embalming process are released without any suitable treatment. The waterproofing process seeks to overcome this problem, because it is an important protection that offers several elements for a work that is being subjected to the actions of the weather, in order to protect the constructions of several pathological problems that can arise as a result of the infiltration integrated with oxygen and other types of components that are considered aggressors to the atmosphere. The main objective of the work is to identify the importance of the analysis and the identification of the environmental impacts caused by the cemeteries and all the procedures adopted for waterproofing. The methodology adopted was the bibliographical research, where secondary sources such as scientific articles and books were used, taking into account the historical expansion of the subject in question. In view of the exploration of this content, it was possible to develop a more detailed study on the context of the construction of cemeteries, besides the challenges and processes of factors that manage the relationship of the waterproofing system with the environment.

Keywords: Cemeteries. waterproofing. Waterproofing System. Construction. Urban area. Construction.



1. INTRODUÇÃO

Todo o processo de decomposição de um corpo pode levar em média dois a três anos para se decompor, esse processo dá origem a um líquido chamado de necrochorume, que é capaz de contaminar os lençóis freáticos e como consequência contaminar a água. Todos esses micros organismos liberados durante o processo de decomposição pode transmitir uma serie de doenças para a população, além de causar vários danos ao meio ambiente. O número de ocorrências de degradação ao meio ambiente ocasionados pela ilegalidade da construção de cemitérios, é a contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Isso é decorrente do necrochorume que sai dos cadáveres.

Diante desse argumento impermeabilização dos cemitérios propicia um conforto a população de modo feral. Isso porque se trata de uma importante proteção que oferece diversos elementos para uma obra que está sendo sujeita às ações das intempéries, com o intuito de proteger as construções de diversos problemas patológicos que podem surgir em decorrência da infiltração da água, integradas ao oxigênio e a outros tipos de componentes que são considerados agressores para a atmosfera. Toda a vida útil de uma edificação depende diretamente de como será o processo de impermeabilização.

A construção ilegal dos cemitérios nos grandes centros urbanos acarreta em diversos efeitos negativos para a sociedade, além de abordar uma série de substâncias orgânicas e inorgânicas que estão presentes na parte subterrânea dessas construções. Diante desse contexto nasce uma problemática a ser analisada: Como o sistema de impermeabilização pode contribuir para minimizar os impactos ocasionados pela construção ilegal de cemitérios?

O estudo teve como objetivo geral identificar a importância da análise e a identificação dos impactos ocasionados pelos cemitérios e todos os procedimentos adotados para a impermeabilização, adotando s como objetivos específicos: Descrever os principais impactos causados pelos cemitérios na zona urbana, a bordar o processo de impermeabilização e seus mecanismos e relatar o sistema de impermeabilização, suas etapas e manutenção.

Para elaboração deste trabalho foi feita uma pesquisa bibliográfica baseada nas obras dos autores Campos (2007), Matos (2001), Mito (1990), Romanó (2010) e Silva (2009), entre outros citados no decorrer do desenvolvimento. Será realizado também o levantamento de informações sobre esta temática em artigos, livros, revistas e relatórios periódicos desenvolvidos nos anos de 1990 a 2013. Sobre os materiais impressos, serão observados os sumários para sinalizar quais tratam do assunto em questão. Para ambos, os descritores procurados serão: Impactos, Cemitérios, Impermeabilização, Sistema de Impermeabilização, Construção Ilegal.

2. OS IMPACTOS OCASIONADOS PELA CONSTRUÇÃO DE CEMITÉRIOS NAS ÁREAS URBANAS

Ao longo dos anos a construção de cemitérios, tornou-se quase inviolabilidade no que diz respeito ao processo de pesquisa científica e a diversos aspectos. É comum encontrar em regiões mais desertas, ou melhor, regiões menos populosas, cemitérios no centro das cidades. Vários são os fatores que influenciam para esse tipo de perpetuação, dentre eles o fato da maioria da população não possuir, nenhum tipo de conhecimento sobre essa construção (CAMPOS, 2007).

Na idade média os mortos eram enterrados em colégios, seminários, igrejas, paróquias, mosteiros, conventos, abadias e até mesmo nos hospitais. Porém no século XVIII a palavra cemitério começou a ter o sentido contemporâneo, foi nesse período que por questões sanitárias os sepultamentos começaram a serem realizados ao ar livre, os chamados cemitérios campais. O cheiro forte dos cadáveres e a falta de higienização dos locais, fizeram com que os enterros fossem feitos dos lados de fora desses locais, era praticamente impossível suportar a condições de decomposição dos cadáveres (SILVA, 2000).

Com o passar dos anos devido ao pouco espaço físico das grandes cidades, começaram a serem instalados cemitérios verticais, para solucionar o problema da população que tinha que enterrar seus parentes falecidos em locais distantes, esses se tornaram uma tendência em países mais desenvolvidos. Mesmo com algumas modificações, a simbologia dos cemitérios tradicionais se manteve, o sepultamento, por exemplo, ainda é feitos em jazigos em formato horizontal, com estanques de concreto armado. Algumas cidades do Brasil necessitaram aderir a esse tipo de cemitérios, São Paulo, Porto Alegre e Santos possuem esse tipo de construção (ROMANÓ, 2010).

A maior vantagem desse tipo de cemitério vertical é a praticidade, o acesso rápido, a limpeza, a segurança e a redução de custos pelo planejamento do espaço. Os lóculos desse tipo de construção devem ser construídos por materiais que impeça a passagem de gases para os locais onde há circulação de visitantes, a limpeza da área reservada para o sepultamento também necessita ser feita de forma permanente. As características mais comuns são as que impedem o vazamento dos líquidos do processo de decomposição, por conta disso vários dispositivos de troca gasosa, são colocados nos lóculo para proporcionar condições seguras para a decomposição dos corpos (SILVA, 2000).

Nos séculos iniciais da era cristã, os sepultamentos eram feitos em cemitérios distantes das cidades e das igrejas, e não se tinha conhecimento de sepultamentos no interior das igrejas. Na Europa foi iniciado um processo de sepultamentos em locais abertos, a partir de medidas sanitárias no século XVII, gerando mudanças de cunho político e religioso, pois nessa época já era tradição realizar sepultamentos dentro da igreja (CAMPOS, 2007).

Nesse período, os cemitérios a céu aberto eram destinados as pessoas de religiões diferentes da católica, ou seja, judeus, protestantes, mulçumanos, condenados e escravos. Mas, com a intensa concentração de corpos nas igrejas, surgiram elevados índices de doenças transmitidas por substancias em decomposição provenientes de cadáveres, levando a criação de uma lei, na qual determinava que todos os corpos deveriam ser sepultados, a partir de então, em campos ensolarados (SILVA; MALAGUTTI FILHO, 2000).



Com o crescimento das cidades e conseqüentemente da população, de forma rápida e exponencial, ficou inviável o sepultamento nas igrejas, desencadeando a criação de cemitérios coletivos para atender a expansão da demanda. Todo município, cidade ou bairro tem um cemitério, é indispensável para a sociedade, mas devem ser tomados alguns cuidados na sua implantação, pelo risco de poluição deve ter uma manutenção constante. Existem algumas poluições em águas subterrâneas que podem ser em decorrência de cemitérios, pois os corpos em decomposição liberam o necrochorume, que é um líquido tóxico e representa um grande risco de contaminação para essas águas (KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012).

Assim, o ideal seria que os cemitérios tivessem sua localização em terrenos afastados dos grandes centros urbanos. Além da contaminação das águas subterrâneas, o necrochorume também pode ser arrastado pela água da chuva que infiltra nas covas, e pode contaminar tanto o solo quanto os lençóis freáticos. Devem ser considerados os critérios hidrogeológicos e geológicos da região para a correta implantação dos cemitérios (SILVA, 2000).

Outro risco considerado por autores é a relação direta dos cemitérios com a população brasileira de baixa renda, que na maioria das vezes são desprovidos de saneamento básico, onde não tem rede de abastecimento de água adequadas, sendo necessária a escavação de poços para sua subsistência, o que pode acarretar em proliferação de doenças como a cólera, febre tifóide e paratifóide, ocasionadas pelo consumo da água contaminada pelas substâncias oriundas da decomposição dos cadáveres, que estão próximos aos moradores. Anteriormente os cemitérios não eram considerados potenciais contaminadores ambientais, porém hoje já existe essa preocupação, que coloca em risco a saúde da população (MATOS, 2001).

A decomposição dos corpos pode ser de forma destrutiva e de forma conservativa. No primeiro caso acontece o processo natural de putrefação, que significa o trabalho dos diversos micro-organismos no cadáver, com especial atuação das enterobactérias, gerando o necrochorume, que como já citado anteriormente é muito tóxico, além de ser rico em substâncias orgânicas e sais minerais, apresentando características como viscosidade acentuada, cor cinzenta e um forte odor (ROMANÓ, 2010).

Já no processo conservativo, deve-se levar em consideração além dos micro-organismos, fatores como o ambiente em que o corpo é sepultado, como a umidade e a temperatura do local. Os ambientes com temperatura elevada favorecem a mumificação, pois ocasiona a evaporação da água e o processo de fermentação nos cadáveres. Em ambientes com extrema umidade acontece o processo de saponificação, facilitado pela impermeabilidade dos solos argilosos e úmidos (SOBRINHO, 2002).

O necrochorume que possui mais viscosidade que a água, pode contaminar as águas subterrâneas e lençóis freáticos em áreas com grande volume de chuvas. A cidade de Cachoeirinha no estado de São Paulo já teve seu lençol freático contaminado com o vazamento de necrochorume, onde se detectou a presença de múltiplas bactérias e vírus altamente nocivos à saúde da população, devido à falta de manutenção dos administradores destes cemitérios (SILVA, 2000).

Essas bactérias encontradas são dos tipos heterotróficos, *Clostridium sulfito-reduto-*

res e proteolíticas, e os vírus anterovírus e adenovírus. Nesses ambientes contaminados, além das transformações químicas de produtos como o nitrogênio e enxofre, há a decomposição biológica que ocasiona um elevado consumo de oxigênio. Outros riscos encontrados nessas águas contaminadas são os venenos perigosos como as diaminas constituídas pela cadaverina (1,5 Pentanodiamina) e a putrescina (1,4 Butanodiamina) ainda carentes de antídotos. As águas contaminadas de outra localidade, agora no Ceara, também foram observadas uma maior condutividade elétrica, devido ao aumento de sais minerais, matéria orgânica com a elevada concentração de fósforo e amônia, micro-organismos patogênicos com valores altos de coliformes termotolerantes, provocados pelas sepulturas (MATOS, 2001).

Todas essas informações acerca da contaminação dos lençóis freáticos pelo necrochorume oriundo da decomposição dos cadáveres indicam o real perigo da utilização dessas águas para a sociedade, inviabilizando o seu consumo. Muitas são as irregularidades encontradas nos cemitérios, entre elas está a profundidade das sepulturas, que devem manter 1,5 metros de distância mínima, segundo o CONAMA 335/2003, do aquífero freático. No entanto, pesquisas mostram profundidades acima dos 4,5 metros, através de sondagens do solo (SILVA, 2009).

Normalmente se utiliza como indicador de contaminação os microorganismos, como os coliformes fecais presentes na água, determinando as condições e a potabilidade da água, recomendado pela legislação brasileira e pela Organização Mundial de Saúde. Como visto anteriormente, a umidade elevada ocasionada pela chuva que adentra o solo favorece o processo de saponificação dos cadáveres, retardando a sua decomposição (ANJOS, 2011).

Em estudo realizado em outra área, no estado do Espírito Santo, foram encontrados um alto índice de compostos nitrogenados, como a amônia, caracterizando uma recente contaminação pelo necrochorume nos lençóis freáticos da cidade de Vila Velha. Isso implica em malefícios para a saúde dos habitantes, representando um grande risco e problemas com o acesso a água contaminada, como doenças cancerígenas gastrointestinais e malformações congênitas.

Por conta dos diversos riscos ambientais que podem causar, os cemitérios precisam de licença ambiental para que possam ser implantados e funcionarem normalmente. Segundo a Resolução Conama nº 335/2003, são estabelecidos critérios mínimos que devem ser obedecidos rigorosamente para que licença ambiental seja liberada. O funcionamento dos cemitérios prevê que os órgãos estaduais e municipais de meio ambiente estabeleçam adequações a todos os cemitérios implantados desde abril de 2003 (BRASIL, 2009).

Dessa forma desde 2003 todos os cemitérios necessitam se adequar a Resolução CONAMA 335/2003. Caso haja o descumprimento dessa resolução, a responsabilidade civil, penal e administrativa, com multas diárias e outras obrigações que são presentes na resolução. A resolução denomina que os cemitérios horizontais e verticais, devem ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental, com todas as normas previstas dentro da própria resolução, para que não se tenha prejuízos ao meio ambiente e a outras normas aplicáveis a espécie (BRASIL, 2008).

A instalação de cemitérios em Áreas de Preservação Permanente (APP), ou em outras



que necessitam do desmatamento da mata atlântica primária ou secundária, em processo médio ou estágio de regeneração, em terrenos que são considerados predominantes castiços, que podem ter sumidouros, cavernas, ou rios subterrâneos, assim como aqueles que possuam seu uso restrito pela legislação que está vigente, com exceção de quando a lei é prescrita (SILVA, 2009).

Outro aspecto importante que é observado na resolução, diz respeito sobre o sepultamento de corpos, que podem ser envoltados por mantas ou mantas que são constituídas de materiais biodegradáveis, onde não é recomendado o uso de plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material que seja considerado nocivo para o meio ambiente. Ainda é proibido o uso de qualquer tipo de material que seja considerado impermeável, que possa impedir a troca gasosa do corpo sepultado diante do meio em que o envolve, exceto nos casos cuja legislação permita (KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012).

A resolução prevê que os critérios de órgãos ambientais competentes, podem adotar o licenciamento com procedimentos simplificados, logo após a aprovação dos Conselhos de Meio Ambiente, porém são necessário que sejam atendidas as seguintes condições: cemitérios cujos municípios sejam inferiores a trinta mil habitantes, cemitérios cuja localização é considerada isolada, cemitérios não integrantes de áreas conturbadas ou regiões metropolitanas e cemitérios cuja localização possua capacidade máxima de quinhentos jazigos (SILVA, 2000).

É válido ressaltar que na Resolução CONAMA nº237/1997, são estabelecidos a competência ao órgão ambiental municipal, desde que sejam ouvidos os órgãos competentes do Estado, da União e do Distrito Federal, quando houver a necessidade de fazer o licenciamento ambiental de empreendimentos e de atividades de impacto ambiental local, que são os que possuem instrumento legal ou convenio com o Estado (BRASIL, 2008).

Em relação aos jazigos, é necessário que sejam explicados alguns conceitos básicos sobre a matéria. Consta na Resolução Conama 335/2003, que os jazigos são compartimentos destinados aos sepultamentos contidos, estes podem ter gavetas, apenas um cômodo, carneiros ou criptas, além de lóculos para que seja feito o sepultamento na vertical. Para que haja a concessão de uso, o cemitério necessita dar a autorização, podendo ser ela de caráter temporário (os jazigos temporários) e de uso perpétuo, em alguns casos pode haver remuneração conforme o preço público cobrado pelos decretos municipais. Os jazigos de uso temporário são os que o uso é concedido pelo período de três anos, até ser disposta a lei municipal sobre a matéria (BRASIL, 2009).

Os jazigos cuja cessão é de uso perpétuo são concedidos por prazo indeterminado e são expedidos pelo Termo de Concessão com prazos indeterminados, conforme é previsto nas leis municipais. O termo de cessão de uso é instituído pelo direito civil, isso significa que existem possibilidades do proprietário do móvel ou imóvel, podendo conceder a terceiros o uso de direito de uso dobre o bem por tempo indeterminado.

3. PROCESSO DE IMPERMEABILIZAÇÃO

A impermeabilização é um produto resultante de uma série de componentes e serviços que tem como objetivo proteger as construções contra as ações deletérias de fluidos, da umidade e de vapores. Esse processo é considerado um serviço de especialidade da construção civil que necessita de aprovação da gestão ambiental para que tenha êxito na sua execução. Por se tratar de um processo que exige experiência e cuidado, é necessário que se compreenda todas as etapas do processo, da localização da implantação, para que o serviço não tenha nenhum tipo de comprometimento. Outra necessidade importante é o acompanhamento da evolução dos materiais e sistemas, para que se possa possibilitar o surgimento de possíveis propostas de melhoria (CAMPOS, 2007)

A impermeabilização tem uma grande importância para a durabilidade das construções, principalmente as que estão relacionadas à construção de cemitérios. Isso ocorre porque esse processo possui agentes que são trazidos pela água e poluentes existentes no ar, que podem causar danos irreversíveis para as estruturas das lapides, além de uma série de prejuízos financeiros que contribuem de forma negativa para a finalização do processo. É necessário ressaltar que a impermeabilização é um fator importantíssimo para a segurança das construções dos cemitérios, pois garante a integridade física do usuário (KEMERICH; UCKER; BORBA, 2012).

No Brasil existem variados produtos impermeabilizantes, que possuem os mais variados tipos de desempenho, de origens e métodos de aplicação, que podem ou não serem normalizados, mas devem possuir características profundamente estudadas, para que escolha seja feita corretamente e não comprometa a estrutura da construção. Para esse tipo de processo é fundamental que se compreenda todos os parâmetros técnicos e as ações físicas e químicas que são envolvidas dentro do processo de escolha adequada do sistema de impermeabilização (MELLO, 2005).

Os custos desse tipo de implantação em uma edificação podem variar bastante, isso porque para que se tenha êxito é necessário que sejam levados em consideração: a fundação, estrutura, pintura, limpeza final, terreno, largura, altura e outros aspectos da construção. Normalmente o processo de impermeabilização possui alguns materiais adicionais, como argamassa e piso de cerâmica que ajudam a minimizar os impactos de uma possível falha do processo. Porém é preciso que seja feita uma avaliação local para saber se esses materiais complementares não comprometem o custo original do processo e prejudica o meio ambiente, isso é necessário porque os produtos utilizados na impermeabilização podem conter agentes químicos que comprometam a saúde humana e a natureza (ROCHA, 2008).

O controle da execução da impermeabilização é rigoroso e necessita de um acompanhamento e de uma fiscalização que deve ser feito pela empresa que realizou a aplicação do processo, além de funcionários qualificados que conheçam toda a estruturação da obra. A execução do processo durante a obra é considerado bem mais econômico, e possui mais viabilidade do que os depois da obra já em fazer de construção. Isso acontece porque nessa fase inicial é mais comum que apareçam problemas relacionados à umidade, o que torna o ambiente insalubre e com aspecto desagradável, onde são comuns os aparecimentos de machas, bolores, eflorescência e oxidação das armaduras (SOUZA, 2010).

Em qualquer atividade que possua o processo de canalização é necessário compreender que a relação dos custos financeiros e benefícios devem ser levados em conta. A impermeabilização não se diferencia desse tipo de processo, para que se tenha êxito nesse processo é fundamental que os serviços executados viabilizem os impedimentos de possíveis infiltrações nas edificações. Para que isso ocorra os fiscalizadores precisam avaliar os altos níveis de manifestações patológicas que ocorrem por conta da má estruturação das obras, a qualidade final do processo é de total interação das fases do processo produtivo, onde os fatores de um planejamento estratégico contribuem para a melhoria contínua (PACHECO, 2000).

O planejamento da impermeabilização assim como os projetos da construção civil necessita de instalações hidráulicas e elétricas, assim como estudo dos materiais e métodos que serão aplicados. O profissional que é encarregado pelo planejamento desse tipo de processo, deve dispor de um projeto de arquitetura do ambiente, aliado aos projetos complementares que tem ligação com a impermeabilização. É fundamental que os termos do projeto possuam conformidade com aspectos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para que a qualidade seja garantida. A Norma Brasileira 9575 de 2003 estabelece que seja necessário conter para o processo de impermeabilização é preciso que se tenha conhecimento sobre: tipos de substratos, tipos de contra umidade de solo, tipos de impermeabilização contra a água da percolação, serviços auxiliares e complementares e os tipos de impermeabilização contra água de condensação (MELLO, 2005).

O projetista de impermeabilização necessitará analisar todos os processos básicos da obra, para que sejam evitadas possíveis falhas, além disso, é fundamental que as áreas que necessitam do processo sejam avaliadas estruturalmente. Para que esses aspectos ocorram algumas medidas de estudo da situação como: projeto de estrutura, acomodação de terreno, projeto estrutural e variações de temperatura devem ser medidas de acordo com cada tipo de estrutura que se deseja impermeabilizar (SILVA, 2000).

Dessa forma as definições para o processo da estrutura da impermeabilização podem ou não estarem sujeitos a movimentação. As lajes grandes que possuem exposição à luz solar ou podem ficar expostas a intenso resfriamento no período noturno, além dos que apresentam grande dilatação a noite ou durante o dia. Esse tipo de estrutura necessita de produtos com características específicas e flexíveis (CAMPOS, 2007).

Todo o custo para a execução de uma impermeabilização é bem menor que o previsto dentro da elaboração de um projeto. Isso ocorre porque a maioria das obras possui um atraso em seus planejamentos, o que dificulta o início do processo e o planejamento da execução dos procedimentos da impermeabilização que são onerosos e podem custar 20 vezes mais se aplicados após a finalização da obra, além disso, as chances de comprometimento da obra caso seja necessária a implantação do processo é uma das desvantagens da falta de planejamento. Assim a impermeabilização pode contribuir para a saúde pública, por tornar os ambientes salubres mais adequados, além de prevenir doenças respiratórias e danos ambientais (ROCHA, 2008).

4. SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E SUAS VANTAGENS

Os sistemas impermeabilização existentes possuem diferentes tipos de concepção, principalmente no que diz respeito ao processo de funcionamento, materiais e técnicas de aplicação. Essas variações são decorrentes de diversas classificações que podem auxiliar para o processo de entendimento e comparação dos sistemas que existem. É fundamental que se tenha cuidado no processo de instalação desse tipo de sistema, principalmente se a construção não estiver em um estado compatível com o recebimento do procedimento (MATOS, 2001).

Segundo a NBR 9575/2013 que é referente ao projeto de impermeabilização, cujo se refere ao conjunto de produtos e serviços destinados a conferir a estanqueidade a parte de uma construção, aborda que os sistemas de impermeabilização podem ser divididos em rígidos e flexíveis, que tem relação direta com as partes construtivas sujeitas ou não a fissuração. A impermeabilização rígida deve ser utilizada em todos os locais que não sofrem muita movimentação, que não possuem variação de temperatura ou que não tenham nenhum tipo de tendência à fissura que é o que se aplica as cisternas e piscinas enterradas. É considerado o tipo ideal para a aplicação no subsolo, por se tratar de uma região mais estável. Já a impermeabilização flexível pode ser usada em todos os casos, nos quais as estruturas podem sofrer dilatação, intemperismos e vibrações (TERRA; SANTOS; FREIRE, 2008).

Para iniciação do sistema de impermeabilização é fundamental que se compreenda os produtos que serão aplicados na impermeabilização rígida, como por exemplo, nas lajes térreas dos cemitérios verticais, esses não costumam agüentar nenhum tipo de movimento brusco em sua estrutura, isso pode ocasionar sérios danos a construção. Já um impermeabilizante flexível não pode ser aplicado nos subsolos com umidade ou lençol freático, porque vai ocasionar bolhas e danos. Nas construções de lapides o ideal é a versão rígida (SILVA, 2011).

O processo de aplicação deve variar de acordo com o material, porém os cuidados para esse tipo de trabalho se aplicam para todos os tipos de sistema de impermeabilização. Antes de impermeabilizar a superfície é fundamental que seja feita a regularização com areia e cimento, assim como o caimento para os ralos, é preciso que a superfície esteja limpa, sem poeira, graxa ou óleos. As trincas e fissuras devem ser tratadas de modo compatível com o tipo de sistema de impermeabilização que irá ser aplicado. Em todo o processo de aplicação o tráfego deve ser liberado apenas para os profissionais da obra, que irão fazer parte desse tipo de serviço. Logo após a implantação do sistema, é fundamental que sejam feitos testes de estanqueidade com lamina de água por 48 ou 72 horas, para que seja verificada a integridade do sistema (MINETO, 2013).

Os sistemas de impermeabilização podem ser classificados como: aderido, semi-aderido e flutuante. No sistema aderido o material impermeabilizante é totalmente fixado ao substrato, ou seja, através da fusão do próprio material ou por colagem com cola especial ou adesiva quente ou maçarico. O semi-aderido ocorre quando a aderência é parcial e localizada e alguns pontos, como platibandas e ralos, no sistema flutuante a impermeabilização é desligada totalmente do substrato e é utilizada em estruturas de grande deformabilidade (SILVA, 2011).

Para os procedimentos de aplicação da impermeabilização são fundamentais que alguns sistemas sejam protegidos, principalmente os que têm ligação direta com água e com seus efeitos. Porém todos esses fatores dependem da superfície ou de elementos que devem ser protegidos, que geralmente podem ser usados nos mais distintos tipos de sistema. Os principais materiais utilizados para esses procedimentos são: argamassa polimérica, calafetador, emulsão acrílica, emulsão asfáltica, hidrofugante, hidrorrepelente e manta asfáltica (MATOS, 2011).

Há inúmeras técnicas que regulamenta o uso de impermeabilizantes rígidos e flexíveis para o sistema de impermeabilização, as regras mais importantes são a NBR 9.574/2008 que é referente ao processo de execução de impermeabilização e a NBR 9.575/2010 que trata da impermeabilização, seleção e projeto de ambas na ABNT. Essas explicam como deve ser feito o projeto de impermeabilização e como o mesmo deve ser executado (RIGHI, 2009).

A primeira norma aborda todo o preparo do substrato e o processo de aplicação de cada tipo de impermeabilização. Na segunda norma há um processo de diversificação dos termos e definições que são referentes à impermeabilização e aos produtos de cada um dos sistemas utilizados, assim como os tipos de impermeabilização. Ambas apresentam como deve ser feito o projeto de impermeabilização e sua divisão nas três fases: estudo preliminar do ambiente, projeto básico e projeto executivo (MATOS, 2001).

Todo o processo do sistema de desempenho da impermeabilização, é obtido através de vários componentes, que são ligados diretamente entre si. Isso ocorre porque cada falha desse tipo de processo pode prejudicar o desempenho e a durabilidade do processo. O projeto de impermeabilização necessita ser integrado a outros projetos de edificações, como a hidráulica, elétrica, cálculo estrutural, arquitetura, formas e até mesmo o paisagismo. Esse tipo de procedimento é importante para que a obra se torne compatível em todos os aspectos e não sofra nenhum tipo de interferência futura (TERRA; SANTOS; FREIRE, 2008).

Há vários produtos que auxiliam no processo de impermeabilização. Porém alguns produtos são considerados cancerígenos e são usados para a impermeabilização de reservatórios, os produtos que sofrem com a degradação química do meio ou que estão expostas, além dos produtos de baixa resistência a água, cargas atuantes e a baixa resistência. Deve-se procurar conhecer todos os tipos de parâmetros técnicos e esforços mecânicos para melhorar o sistema (SILVA, 2011).

Assim que é feita a aplicação dos produtos impermeabilizantes, começam-se as etapas de execução do serviço para garantir a proteção da impermeabilização, assim como o isolamento térmico e a proteção mecânica. Porém para que isso ocorra são necessárias algumas verificações como: análise da superfície, verificação do embutimento nos pluviais e canaletas, conferência o caimento final, aprovação da proteção mecânica de transição e fazer os testes finais (MINETO, 2013).

Segunda a NBR 9575/2003 uma das primeiras etapas para que se tenha êxito no sistema de impermeabilização é o isolamento térmico, que é uma camada com a função de reduzir a gradiente da temperatura que é atuante nas camadas impermeáveis, tendo como objetivo proteger contra os efeitos e dos danos do calor excessivo. Para isso as es-

estruturas sofrem efeito de dilatação e contração, que dependem do coeficiente de dilatação térmica de material. Esses efeitos de dilatação podem causar fissuras e movimentos de estruturas que são prejudiciais para a impermeabilização da cobertura e ocasionar infiltrações que podem danificar a estrutura (RIGHI, 2009).

Todo o processo de isolamento térmico é composto por três elementos: isolamento térmico, sistema de fixação e sustentação mecânica e a proteção exterior. A isolação térmica é a cobertura atende a três funções: economia de energia, estabilização da estrutura e conforto. Essas três funções ocasionam a vida útil dos componentes da edificação. Os problemas da condensação superficial são resolvidos com o uso da isolação térmica adequada e da ventilação (SOUZA, 2010).

Já a proteção mecânica é a camada com a função de absorver e dissipar todos os esforços estáticos ou dinâmicos atuantes sobre uma determinada camada impermeável, tendo como finalidade proteger contra ações deletérias dos esforços realizados. Essa proteção deve ser uma camada separadora entre a manta e a proteção mecânica, sendo que a camada pode ser de papel filme de polietileno ou de papel Kraft, onde pode ser evitado assim que a camada protetora fique aderida na impermeabilização. A proteção mecânica pode ser dividida em quatro tipos: sistema de impermeabilização que dispensa a proteção mecânica, proteção mecânica final de solicitação leve ou normal, proteção mecânica intermediária e proteção em superfície vertical (MELLO, 2005).

No sistema de impermeabilização onde a proteção mecânica é dispensada, os acabamentos são superficiais incorporados no processo de fabricação, em qualquer uma dessas situações deve-se usar características técnicas para retardar o envelhecimento da impermeabilização pela ação dos intempéries, agentes poluentes e deve ser resistente e a raios ultravioletas que só devem ser utilizados em locais de transito de pessoas. Na proteção mecânica intermediária a camada de distribuição necessita de esforços e amortecimentos das cargas de impermeabilização, que são provenientes das proteções finais ou pisos (CAMPOS, 2007).

Já na o processo da proteção mecânica final que ocorre para solicitações leves e normais é utilizada para a distribuição sobre a impermeabilização dos carregamentos normais, essa proteção mecânica devem ser dimensionadas de acordo com a situação. Por fim a proteção superficial vertical que protege a impermeabilização dos impactos, abrasões e intemperismos, atuando como camada intermediária quando estes estiverem previstos sobre elas. Nesse tipo de impermeabilização as camadas de proteção devem ser sempre amarradas com telas metálicas para evitar o comprometimento do sistema (PACHECO, 2000).

O processo de manutenção da impermeabilização é importante para que não se tenha o aparecimento das patologias. O usuário final desse tipo de construção seja ele permanente ou não, necessita estar ciente da utilização e manutenção do sistema. As falhas no processo de impermeabilização podem causar sérios danos não só para a construção, mas para a saúde humana (ANJOS, 2011).

A manutenção do sistema de impermeabilização dos cemitérios necessita ser feita diariamente, isso ocorre porque as principais vias internas dos cemitérios coletores de rua e também nas bombonas possuem resíduos secos e a parte dos orgânicos que são acon-

dicionados juntos. Por possuírem resíduos perigosos a coleta de lixo é feita de maneira diferenciada, onde geralmente o caminhão passa durante a noite para recolher esse tipo de material (CAMPOS, 2007).

As sacolas ou sacos que contem resíduos oriundos dos cemitérios são colocados em um suporte de resíduos, esse tipo de coletor está presente no manual de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos. Os resíduos líquidos são os maiores problemas desse tipo de empreendimento, porque em casos em que não há impermeabilização do solo, que é onde a água pluvial percola e pode chegar a atingir os lençóis freáticos levando consigo o necrochorume (DENVER, 2012).

Os problemas mais comuns que ocorrem pela falta de manutenção são: perfurações da impermeabilização após a instalação dos canos troca de piso, acesso inadequado e instalações de floreiras na cobertura de modo a possibilitar a penetração de água por cima dos rodapés. Uma impermeabilização bem executada também pode ser prejudicada por falhas na concretagem, mas a má execução dos revestimentos ou chumbamentos inadequados de peças e equipamentos também pode prejudicar a obra. Nesse casos é comum que apareçam problemas para o meio ambiente e patologias se propagem em meio a sociedade, tudo isso é decorrente da falta de orientação e reimpermeabilização adequada (LEITE, 2008).

Os principais danos que a umidade causa, são as goteiras, mofos e apodrecimentos, além de ferrugem, eflorescências, criptoflorescência e gelividade, esses danos com o passar do tempo deterioram os materiais e a obra construída. As patologias da impermeabilização de modo feral apresentam características próprias e sistematizadas, que podem ser carbonatação, corrosão, degradação do concreto, degradação da argamassa, degradação dos tijolos, gotejamento de água, macha da umidade, vegetação. Todas essas mudanças ocasionam modificações nas dimensões dos materiais porosos que integram os elementos e componentes da construção. Por conta do aumento da umidade, não há uma expansão do material e com a redução, podem ocorrer reversões ou até mesmo uma contração. Desse modo os vínculos podem impedir ou restringir as movimentações comuns da umidade (FURTADO; FURTANTO; CRESPI, 2009).

Todo o sistema de manutenção é acompanhado por um manual técnico de utilização ao tipo de sistema da impermeabilização, onde as informações e orientações necessárias servem para melhorar a utilização e a preservação da impermeabilização, onde são inclusas: a descrição das características de cada tipo de impermeabilização, inclusive documentação técnica, forma de cuidados de utilização, garantia, execução de inspeção periódica e orientação sobre a manutenção preventiva (SILVA, 2011).

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho abordou o processo de impermeabilização de cemitérios, que são considerados fontes de contaminação ambiental, cujos riscos de contaminação das águas subterrâneas e superficiais através de bactérias e vírus podem se proliferar durante o processo de decomposição dos corpões. Além disso, as diversas substâncias químicas também são liberadas, o que aumentam a contaminação da água e provoca vários impactos

negativos ao meio ambiente. o necrochorume por exemplo, é um dos produtos que fazem parte da decomposição dos corpos através das substâncias orgânicas e inorgânicas, que são resultantes da geração de efluentes cadavéricos, gasosos e líquidos.

No decorrer do trabalho foi possível estudar os impactos causados pelas necrópoles sobre o meio ambiente, que faz parte da disseminação do chorume até os lençóis freáticos, o que aumenta o risco a saúde da população. Outras abordagens importantes foram às localizações dos cemitérios com o passar dos anos, onde nos grandes centros urbanos foram criados cemitérios verticais, isso ocorreu por conta do ritmo descontrolado da urbanização. Vale ressaltar que a grande maioria desses cemitérios não possui registro de estudos geológicos, hidrogeológicos e de saneamento, o que aumentou o risco de contaminação e consequentemente impactou negativamente o meio ambiente.

O processo de impermeabilização nos cemitérios é resultante de uma série de componentes e serviços que tem como objetivo proteger as construções contra as ações deletérias de fluidos, da umidade e de vapores. Esse processo é considerado um serviço de especialidade da construção civil, porém tem ligação direta com a engenharia ambiental e sanitária que utilizam da aprovação do sistema gestão ambiental para que tenha êxito na sua execução. Esse processo de impermeabilidade exige experiência e cuidado, em todas as etapas do processo, da localização da implantação, para que o serviço não tenha nenhum tipo de comprometimento tanto da obra, quanto da saúde das pessoas envolvidas. Outra necessidade importante é o acompanhamento da evolução dos materiais e sistemas, para que se possa possibilitar o surgimento de possíveis propostas de melhoria continua nesse tipo de processo.

De maneira conclusa, foi atingido o objetivo deste trabalho, foi desenvolver o conhecimento do contexto de atuação da impermeabilização de cemitérios, que é uma das áreas que mais crescem no cenário econômico e produtivo, porém ainda requer mais conhecimento e estudo para que possa ser aplicada com efetividade nas construções. Isso porque os processos e meios aplicados estão interligados com a realidade das empresas contemporâneas sejam elas públicas ou privadas, buscando de forma direta o estudo dos fatos e dessas ações a que foram desenvolvidas, construíram para o conhecimento de ferramentas que somam principalmente para melhorar a qualidade de vida da população e minimizar os impactos causados ao meio ambiente. Através dessa experiência modifiquei de forma direta minha forma de ver e sentir todo o processo histórico que abrange essa temática, abrindo assim novos horizontes e ampliando o conhecimento sobre o processo de impermeabilização de cemitérios.

Referências

ANJOS, R. M. **Cemitérios: uma ameaça à saúde humana? In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 24, 2007, Belo Horizonte. Anais Eletrônicos. 2007. BRASIL. Portaria n. 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Brasília: Editora Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 357/2005** - "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.". - Data da legislação: 17/03/2005 - Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63 - **Alterada pelas Resoluções nº 370, de 2006, nº 397, de 2008, nº 410, de 2009, e nº 430, de 2011. Complementada pela Resolução nº 393, de 2009.**



BRASIL. Resolução CONAMA, nº396, de 03 de Abril de 2008. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2008.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do Potencial de Poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 140 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2007.

DENVER. **Manual Técnico de Impermeabilização**. Apostila da Denver impermeabilizantes. 2012.

FURTADO, Z. N. C.; FURTATO, M. C.; CRESPI, R. S. F. **Estudo prévio de viabilidade hidrogeoambiental face à vulnerabilidade do ambiente subterrâneo na implantação de um cemitério em Araçatuba-SP**. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 2009.

LEITE, M. **Brasil: paisagens naturais**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2008.

KEMERICH, P.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, v.1, pp.78-81, 2012.

MATOS, B. A. **Avaliação ocorrência e do transporte de micro-organismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha município de São Paulo**. 113p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MELLO, L. S. L. **Impermeabilização – materiais, procedimentos e desempenho**. 2005. 54f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2005.

MINETO, ALEX. Impermeabilização de piscina. **Revista Construção e Mercado**, São Paulo, n. 140, mar. 2013.

ROMANÓ, E. N. L. **Cemitérios: passivo ambiental medidas preventivas e mitigadoras**. Instituto Ambiental do Paraná, Ponta Grossa, 2010.

RIGHI, G. V. **Estudos dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos**. 2009. 93f. Monografia (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

ROCHA, B. O. **Distribuição espacial da arborização urbana: Uma análise da área central do Município de Viçosa - MG**. Monografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

PACHECO, A. **Cemitérios e Meio Ambiente**. 2000. 102 f. Tese (Livre Docência) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SILVA, L. M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. **Saneamento Ambiental**, n.71. pp.41-45, 2000.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI FILHO, W. **Cemitérios: fontes potenciais de contaminação**. Ciência Hoje, São Paulo, v. 44, n. 263, pp. 24-29, 2009.

SILVA, I. T. dos S. **Identificação dos fatores que provocam eflorescência nas construções em Angicos- RN**. 2011. 52f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2011.

SOUZA, C. F. **Avaliação da execução de sistemas de impermeabilização flexível com manta asfáltica**. 2010. 77f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2010.

SOBRINHO, B. M. R. **Cemitério e meio ambiente**. Monografia (Especialização em Gerenciamento Ambiental) – Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2002.

TERRA, V. R.; SANTOS, R. P.; FREIRE D. N. **Impacto do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Vila Velha-ES, Brasil**. Xv congresso brasileiro de águas subterrâneas. Natal - RN - 2008.

CAPÍTULO 14

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DA PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE PAVING

Isabela de Carvalho Colins¹

Arthur Silva Soares¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Com o desenvolvimento urbano e o crescimento econômico, novos padrões de produção e consumo se estabeleceram, sendo assim a maior parte da logística estabelecida no mercado entre indústria e consumidor final se faz pelas rodovias, surgindo a necessidade de estradas pavimentadas. A pavimentação rodoviária é uma etapa de grande importância para se ter rodovias de qualidade e sua classificação é tradicionalmente em dois tipos básicos: flexível e rígido, podendo também ser comumente chamados de pavimentos asfálticos e pavimento verde, respectivamente. No Brasil, ao falarmos em pavimentação já se supõe o pavimento asfáltico, dessa forma o presente trabalho teve como problemática: qual a relevância da pavimentação de concreto em rodovias brasileiras? Visando responder ao problema foi definido como objetivo geral analisar as principais características do pavimento de concreto. O estudo foi realizado por meio de Revisão Bibliográfica, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos relacionados ao tema abordado, selecionados a partir de busca em bases de dados bibliográficos como Google Acadêmico. Ao finalizar as pesquisas em cada base, as duplicadas foram excluídas e selecionados os artigos publicados entre 2011 e 2022 e trabalhos clássicos referentes ao tema, publicados anteriormente. Os resultados mostram as vantagens e desvantagens de cada um, tendo em vista que a durabilidade do concreto é superior ao material asfáltico, por ser um material dinâmico e que requer baixo custo com manutenção.

Palavras-chave: Durabilidade, Pavimentação Asfáltica, Pavimentação de Concreto, Rodovias.

Abstract

With urban development and economic growth, new patterns of production and consumption were established, so most of the logistics established in the market between industry and final consumer is done by highways, resulting in the need for paved roads. Road paving is a step of great importance to have quality roads and its classification is traditionally in two basic types: flexible and rigid, and can also be commonly called asphalt pavements and green pavement, respectively. In Brazil, when we talk about paving, asphalt pavement is already assumed, so the present work had as a problem: what is the relevance of concrete paving in Brazilian highways? In order to answer the problem, it was defined as a general objective to analyze the main characteristics of the concrete pavement. The study was carried out through a Bibliographic Review, where books, dissertations and scientific articles related to the topic were searched, selected from a search in bibliographic databases such as Google Scholar. At the end of the research in each database, the duplicates were excluded and articles published between 2011 and 2022 and classic works related to the topic, previously published, were selected. The results show the advantages and disadvantages of each one, considering that the durability of concrete is superior to the asphalt material, as it is a dynamic material and requires low maintenance costs.

Keywords: Durability, Asphalt Paving, Concrete Paving, Highway.

1. INTRODUÇÃO

Em 2022, percebe-se constante evolução e para alcançar essa transformação é necessário acompanhar as novas tecnologias, em busca de melhor qualidade de vida, desenvolvimento socioeconômico. Nesse sentido, os meios de transporte configuram um dos maiores suportes materiais para que tal crescimento se concretize. Em se tratando de desenvolvimento socioeconômico de um país, não se deve esquecer do setor de transportes rodoviários, pois este é componente essencial, visto que é a modalidade de transporte mais utilizada no Brasil. Porém, sua eficácia depende de rodovias bem estruturadas, com pavimentações em perfeito estado de conservação.

Diante disso, esta investigação justifica-se pela necessidade de analisar as características estruturais do pavimento de concreto, bem como seu modo de execução e suas principais vantagens em relação a outros métodos, visando assim, oferecer alternativas para a escolha mais apropriada a cada tipo de solo, tempo de vida útil e a relação custo-benefício, contribuindo desta maneira, com as pesquisas já existentes.

Os pavimentos rígidos (concreto) e flexíveis (asfalto) são os tipos mais utilizados no sistema viário brasileiro. O pavimento rígido está associado ao concreto de cimento, sendo feito de placas de concreto que podem ser armados ou não com barras de aço já os flexíveis geralmente são associados às misturas asfálticas compostas basicamente de agregados e ligantes asfálticos. As duas formas de pavimentos apresentam fatores positivos e negativos. Portanto, no Brasil, ao mencionar pavimentação já se supõe o pavimento asfáltico, dessa forma o presente trabalho pretende salientar: qual a relevância da pavimentação de concreto em rodovias brasileiras?

Nesse sentido, o presente estudo teve por objetivo geral analisar as principais características do pavimento de concreto. E como objetivos específicos: definir pavimentação e tráfego, analisar as vantagens e desvantagens encontradas na utilização do pavimento rígido e destacar o custo de logística dos pavimentos rígido e flexível e o seu tempo de execução na obra

O estudo foi realizado por meio de Revisão Bibliográfica, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos relacionados ao tema abordado, selecionados a partir de busca em bases de dados bibliográficos como Google Acadêmico. Ao finalizar as pesquisas em cada base, as duplicadas foram excluídas e selecionados os artigos publicados entre 2011 e 2022 e trabalhos clássicos referentes ao tema, publicados anteriormente.

2. DIFERENCIAÇÃO ENTRE PAVIMENTO RÍGIDO E FLEXÍVEL E A DEFINIÇÃO DE TRÁFEGO RODOVIÁRIO

2.1 Pavimento rígido e flexível

Conceitua-se pavimento um suporte formado por camadas distintas, destinada tecnicamente e economicamente a aguentar os esforços provenientes de veículos e do ambiente. Portanto, ele possui estruturas diferentes com espessuras distintas, proporcionando assim, conforto aos usuários, economia, segurança e melhoramento das condições de rolamento (BERNUCCI *et al.*, 2010). Os pavimentos são classificados em três tipos: flexível, semi-rígido e rígido.

No pavimento flexível, todas as camadas sofrem modificação elástica no carregamento aplicado e a carga se distribui em parcelas equivalentes entre as camadas. Exemplo: é composto por uma base (brita, macadame ou solo pedregulhoso), e é recoberta por uma camada asfáltica. O pavimento semi-rígido configura-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias. Exemplo: camada de solo cimento coberta por uma capa asfáltica. E por fim o pavimento rígido, tem uma rigidez superior em relação às camadas inferiores, logo, absorve quase todas as tensões resultantes do carregamento empregado. Exemplo: produzido com lajes concreto de cimento Portland (DNIT, 2006).

Pavimentos flexíveis ou pavimentos asfálticos, como são conhecidos, são constituídos por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos. É estruturado por quatro camadas básicas: revestimento, base, sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al.*, 2010).

O pavimento flexível passa por grandes alterações. O peso das cargas são divididas proporcionalmente entre as suas camadas produzindo pontos de tensões de acordo com a carga, conforme ilustrado na figura 1.

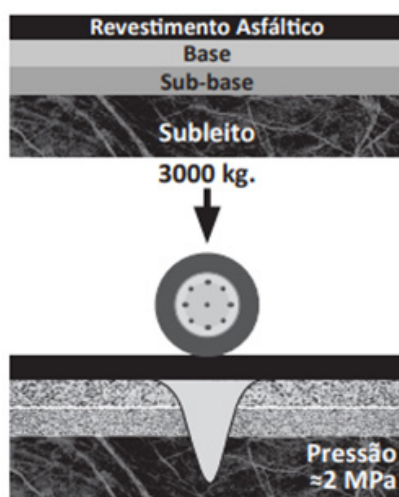


Figura 1 – Pavimento flexível
Fonte: Andrade (2018)

Segundo Balbo (2009), os pavimentos rígidos são aqueles onde o revestimento é feito de concreto, utilizando técnicas diversas de manuseio e preparação do concreto, utilizando-se de pré-moldados ou fabricados no local.

Em comparação ao pavimento flexível, o pavimento rígido apresenta maior potencial de disposição da carga sobreposta sobre ele, possibilitando menos esforços verticais, como mostra a figura 2.

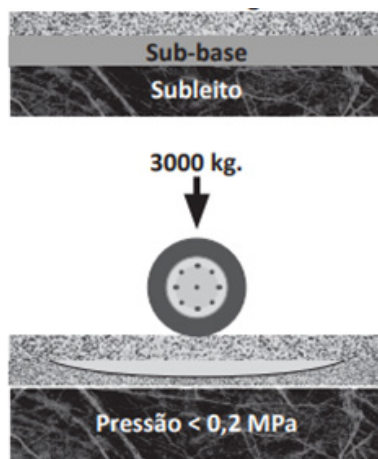


Figura 2 – Pavimento rígido
Fonte: Andrade (2018)

De acordo com Ananias, Oliveira e Mean (2011) a aplicação da pavimento rígido vem crescendo gradativamente na malha rodoviária do Brasil, o que trará benefícios à população.

Para Bernucci et al. (2006) os revestimentos asfálticos são constituídos por materiais de várias proporções e tamanhos, conectados por um ligante asfáltico. Seu nível de atuação depende do entendimento da reação da junção dos seus constituintes de acordo com as condições predominantes em um pavimento. Há diversos fatores que agem coletivamente e são capazes de criar uma estrutura com performance adequada.

As condições de tráfego estão relacionados diretamente aos estados da via, de forma que as mesmas devem ser avaliadas a fim de suprir as necessidades de uso (VASATA; SILVA JUNIOR, 2013).

Dando continuidade aos estudos dos autores supracitados, classifica-se como tráfego o agrupamento de diversos tipos de veículos, dentre eles estão os caminhões, automóveis, ônibus, motos, entre outros. Nesse sentido, a dimensão do tráfego sofrerá variações de acordo com a quantidade de veículos que circulam numa determinada unidade de tempo, em determinada faixa da via, sofrendo variações anuais, mensais ou diárias.

2.2 Viabilidade dos pavimentos flexível e rígido nas rodovias

Em 1950, um importante Plano de Metas, destacava-se como um projeto de consolidação do transporte rodoviário, que tinha como meta a construção de 12.000 km de rodovias, devido ao crescimento constante da indústria automobilística (ALVES, 2015).

O pavimento Flexível foi o que mais se destacou, passando a ser adotado como principal pavimento das estradas brasileiras. De acordo com o levantamento da Confederação Nacional do Transporte (CNT), de 2013, no Brasil, mais de 95% das estradas foram pavi-

mentadas com material asfáltico, são diversas as razões para o uso intensivo desse tipo de pavimentação, um dos principais motivos é que o custo de aplicação do pavimento em asfalto, tem custo mais aceitável no mercado, melhor logística de insumos.

Esse pavimento é construído com várias camadas de solos de subleito, reforço do subleito, sub-base, base e revestimento, todo compactado sobre o trecho em execução aonde passará o tráfego dessa estrada, que tem como função principal resistir os esforços e receber as cargas dos veículos (CNT, 2013).

Para Benedeti (2012) o sistema rodoviário brasileiro tornou-se vulnerável nos anos 70, após a crise do petróleo, onde houve o elevado custo do ligante asfáltico, com essa crise as manutenções nas rodovias como operações TapaBuracos, recapeamento, etc., provocados por patologias sofridas durante seu curto período de aplicado, como a deformação por conta do óleo diesel (solvente para asfalto) e excesso de carga, derramada por veículos e a frenagem dos mesmos que amolecem a camada asfáltica devido ao efeito do calor e chuva e também os custos das manutenções que se torna-se inviáveis.

Sob este aspecto, o pavimento rígido em concreto torna-se a alternativa mais adequada para melhorar a qualidade das estradas, sendo que esse pavimento apresenta uma tecnologia mais adequada para aderência dos pneus, contém uma superfície mais regular, e com uma boa resposta, quando houver a necessidade de frenagens ou desvios inesperados. Esse pavimento é construído apenas com duas camadas de solo de subleito, sub-base, e a base final uma camada de revestimento com uma rigidez superior as camadas inferiores, sorvendo as tensões provenientes das deformações da placa (CNT, 2013).

Essa pavimentação também conhecida como pavimento verde, tem mais resistência e com uma vida útil superior as demais pavimentações. Entre outros benefícios a pavimentação rígida não requer operações tapa-buracos e recapeamentos frequentes, ou outras ações que provoquem congestionamento. A pavimentação rígida (em concreto) ao longo de seu tempo de vida útil, necessitará de menos manutenções (ARAUJO, 2016).

De acordo com Balbo (2009), o pavimento em concreto (rígido) tem bom desempenho em sua vida útil que dura em média, de 25 a 30 anos, esse revestimento é composto pelos agregados graúdos e miúdos, água, aditivos fibras de plástico, matérias selantes de juntas e também com barras de aço, a sua produção pode ser feita em pré-moldagem ou produção in loco, em contrapartida, o custo chega a ser 30% mais caro se comparado ao pavimento flexível, oscilando de região para região, conforme disposto na figura 3.



Figura 3 – Implantação de camada do pavimento rígido
Fonte: Mapa da Obra (2015)

Devido a realidade de mercado no Brasil, o pavimento flexível é mais utilizado, devido fatores dominante no setor de pavimentação, entre eles o custo do material, mão de obra, e a logística necessária de máquinas e equipamentos para locação e execução nas frentes de serviços.

Após a sua implantação, contém um prazo de vida útil para durar cerca de 10 anos, mas, devido à falta de manutenção, resiste muito menos, as vezes não chega a atingir seis anos de durabilidade, a figura 4 mostra um pouco da implantação da pavimentação asfáltica.



Figura 4 – Implantação de camada do pavimento flexível
Fonte: Mapa da Obra (2015)

O pavimento flexível apresenta maior oferta de empresas que possuem mão de obra, máquinas e equipamentos necessários para a execução, reagindo a realidade do mercado local (BALBO, 2009).

3. PRINCIPAIS VANTAGENS DA PAVIMENTAÇÃO DE CONCRETO

Segundo a Associação Brasileira de Engenheiros da Pavimentação – ABEPV (2011), durante a fase de levantamentos das informações para o projeto de pavimentação de

estradas, será necessário analisar as tecnologias existentes, afim de obter uma melhor solução na execução desse projeto. Rotineiramente essas fundações são distribuídas em várias camadas como subleito, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento. Dentre os fatores que influenciam na tomada de decisão estão a disponibilidade de matérias, mão de obra, equipamentos, durabilidade do material, segurança, economia e o tempo necessário para execução do projeto no geral.

Para o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT (2006), o pavimento flexível é composto por um revestimento asfáltico, onde esse material atua como camada de rolamento, evitando a deformação elástica do pavimento, tornando assim a fundação responsável em absorver os esforços dos tráfegos nesse tipo de pavimento, como exemplificado na figura 5.



Figura 5 – Distribuição dos esforços no pavimento flexível
Fonte: CNT (2017)

Na pavimentação de concreto a camada de rolamento, que também atua como estrutura, ela é responsável em redistribuir os esforços, diminuindo assim a tensão aplicada sobre a camada de sub-base. Vale ressaltar que a fundação para aplicação de revestimento em concreto é bem mais simples do que a fundação para revestimento de camada asfáltica. Essa fundação é formada pelas camadas de subleito, sub-base, base e revestimento que atuam na mesma unidade (CNT, 2017).

O pavimento rígido é dividido em: subleito, regularização do subleito, sub-base e base e revestimento (BALBO, 2007).

De acordo com ABEPV (2011), a durabilidade é outra importante vantagem que a pavimentação em concreto possui, ele não deteriora com ação das intempéries como: sol, chuva, derramamento involuntário de derivados do petróleo (óleo diesel ou combustível despejados pelos automóveis), evitando assim a deformação por carga aplicada. Outra vantagem é que esse pavimento não sofre deformações plásticas, conforme demonstra a figura 6.



Figura 6 – Distribuição dos esforços no pavimento rígido
Fonte: CNT (2017)

Em contrapartida, a pavimentação flexível apresenta uma deformação elástica bem maior e mais expressiva, conhecida por deflexão. Em outras palavras a distribuição de carga ocorre de forma dividida entre as camadas, onde as tensões verticais se atenuam próximo às camadas inferiores localizadas na aplicação de carga (BALBO, 2017; SILVA, 2008).

De acordo com Senço (1197), no pavimento asfáltico, essas patologias ocorrem pela má execução da fundação, tornando-se assim um projeto deficitário em técnicas de construção. Outro fator que pode ocasionar esses defeitos é a falta de manutenção que garantirá que o mesmo atinja a vida útil estimada. Normalmente ele exige grandes espessuras devido a circulação descontroladas de vários automóveis, de diferentes eixos. Chegando a ficar ao ponto de forma lombadas, trilhas de rodas e buracos, conforme mostra a figura 7.



Figura 7 – Efeitos patológicos na pavimentação flexível
Fonte: CNT (2017)

Quando este tipo de pavimento tem uma execução adequada, é feito na espessura correta e todo o material aplicado nele é aprovado pelo laboratório de qualidade, essa pavimentação é capaz de suportar as deformações provocada por uma ação conjunta de tráfego intenso e condições climáticas adversas. Por isso a necessidade de grandes camadas de materiais, pois elas serão responsáveis por resistirem a elevadas tensões distribuídas por toda a fundação (ABEPV, 2011).

Quando o assunto é manutenção duradoura o pavimento rígido já sai à frente do pavimento flexível. Segundo CNT (2017), o custo de manutenção corretiva no pavimento de concreto de cimento chega em torno dos vinte anos comparado aos seis anos do tempo de vida útil do pavimento flexível.

De acordo com DNIT (2006), o pavimento de concreto também possui melhor visibilidade por reflexão, o que garante melhor visualização na horizontal, proporcionando mais segurança na condução do veículo, concebendo uma economia de 30% nos gastos com iluminação pública e uma redução significativa de até 14°C, na superfície do pavimento, como pode ser observado na figura 8.

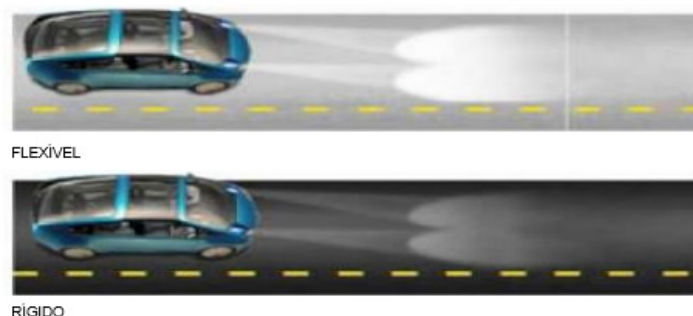


Figura 8 – Visibilidade horizontal nos pavimentos rígido e flexível
Fonte: CNT (2017)

Promovendo um melhor conforto no rolamento, gerando assim uma economia de combustível na ordem de 20% para ônibus e caminhões carregados, diminuição de manutenção operacional nos veículos (freios, suspensão e pneumáticos) e redução no consumo dos pneus (CNT, 2017).

A pavimentação rígida não promove aquaplanagem, sempre permanecendo com sua superfície seca e drenada (DNIT, 2006).

3.1 Patologias no pavimento rígido

De acordo Senço (1997) o pavimento rígido possui suas patologias assim como o flexível, quando é submetido a tensões diárias de cargas, distribuídas por toda as suas camadas de fundação, como observamos na figura 9.



Figura 9 – Efeitos patológicos na pavimentação rígida
Fonte: CNT (2017)

São eles: alçamento de placas, fissura de canto, placa dividida, escalonamento ou degraus nas juntas, falha nas selagens das juntas, desnível do pavimento, fissuras superficiais (rendilhado) e escamação rendilhado, fissuras e retratação plástica, esborcinamento ou quebra de canto, esborcinamento de juntas, placa bailarina, assentamento e buracos (CNT, 2017).

Existe um manual padronizado pelo DNIT, definindo os momentos exatos para realizar os serviços de recuperação de pavimentos e como procedê-los. Geralmente as patologias ocorridas no pavimento de concreto decorrem de falhas na execução ou materiais de qualidade inferior empregado, sem a prévia análise do laboratório de qualidade. A inspeção visual do pavimento é de suma importância para a avaliação dos defeitos existentes (RADFORD, 1957).

4. CUSTO-BENEFÍCIO NA IMPLANTAÇÃO DOS PAVIMENTOS RÍGIDO E FLEXÍVEL

A escolha do tipo de pavimentação é fundamental para tomadas de decisões distintas e uma delas que é moto gerador da obra, é o fator econômico. Todo o custo-benefício desse empreendimento deverá ser analisado, não devendo ser ignorado fatores importante para essa análise como o julgamento técnico, o marketing sobre a logística do material disponível para a pavimentação, uma vez que essas intervenções nas estradas sofrem influência política e o método que será executado nesse trecho, mão de obra especializada e máquinas correspondentes ao tipo de pavimento escolhido (RADFORD, 1957).

O pavimento, segundo Souza (1980), é uma estrutura construída sobre a terraplanagem, formado por várias camadas de materiais compactados e umectados com a função de resistir a tensões que recebe dos tráfegos de veículos.

4.1 Métodos de execução da pavimentação flexível

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem – DER (2006), o pavimento flexível é caracterizado pelo seu material betuminoso, composto por múltiplas camadas de solos, como subleito, sub-base, base e revestimento. Para obter uma melhor composição e desempenho desse pavimento é necessário elaborar bons projetos que globalize toda a estrutura do mesmo, e especifique a dosagem a ser utilizada na mistura asfáltica compatível. Durante o preparo, as misturas devem ser minuciosamente controladas de forma a alcançar os resultados do projeto do laboratório.

O pavimento flexível é caracterizado por limitação de deformação, proveniente da carga aplicada, causada por rompimento do efeito fadiga sem que haja perda estrutural da fundação (SENÇO, 1997).

Segundo Nakamura (2011) existem dois momentos importantes que merecem toda a atenção necessária ao ser executada na implantação da pavimentação asfáltica: o espelhamento e a compactação. Durante essas duas fases na obra é adequado ter uma mão de obra qualificada e bem planejada, as máquinas devem ser correspondentes ao tipo do pavimento escolhido, garantindo um grau de aproveitamento na compactação e longevidade do pavimento.

Dentre algumas etapas de execução do pavimento, se destacam: a fase da base da

fundação e compactação das camadas, nela deverá ser realizado a limpeza da área, retirando o material orgânico, através das máquinas pesadas como escavadeira e pá carregadeira e transportado por caminhões basculantes, como demonstrado na figura 10.



Figura 10 – Etapas de execução da pavimentação flexível

Fonte: Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfalto – ABEDA (2011)

Após ser descarregado o material e nivelado por uma motoniveladora, em seguida os rolos compactadores vibratórios devem realizar o espelhamento, com as quantidades de freixos necessários (BALBO, 2007).

Segundo Balbo (2007) e Faleiros (2005), as principais funções técnicas da estrutura de fundação desse pavimento são a resistência e distribuição dos esforços verticais provenientes do tráfego, que ocorre devido as acelerações e frenagens intensas, e a melhor condição de rolamento quanto ao conforto e segurança; e resistir aos esforços horizontais de desgaste, tornando a superfície de rolamento mais durável.

Imprimação e lançamento do asfalto é outra etapa bastante precisa, nesta fase, é criada uma manta impermeabilizante que permitirá a aderência entre a base e revestimento a ser executado através de máquinas próprias para o serviço, como a vibroacabadora. E logo em seguida a compactação asfáltica, que será responsável por atingir a densidade, impermeabilidade, suavidade superficial e tirar as marcas deixadas pela fase anterior (BALBO, 2007).

4.2 Métodos de execução para o pavimento rígido

O padrão adequado para implementação do pavimento rígido de cimento é desenvolvido por uma placa de concreto de cimento, como aglomerante hidráulico para interligação dos agregados envolvidos, não armadas, que desempenham simultaneamente as funções de base e revestimento (GUIMARÃES NETO, 2011).

Segundo Balbo (2007), o pavimento rígido é dividido em: subleito, regularização do subleito, sub-base e base e revestimento. Segue abaixo as etapas necessárias para execução desse pavimento por recursos mecânicos.

Na etapa inicial será executado a fase de subleito, regularização do subleito, que originalmente é a mesma designação utilizada no pavimento flexível, com retirada de solos orgânicos, regularização e compactação do material aplicado e a realização do teste de carga para determinar o coeficiente de recalque. Essa pratica construtiva de fundação serve para absorver todas as cargas já distribuídas pelas camadas sucessivas, mas ge-

ralmente não é o caso em pavimentos rígidos, uma vez que essa carga aplicada chega ao subleito totalmente fraca (GUIMARÃES NETO, 2011).

De acordo com DNIT (2005), a etapa de sub-base, que também conhecida como fase mediana, é responsável por ligar a camada superior ao revestimento da pavimentação rígida, que servirá para impedir os esforços sobre a compactação do solo quando as cargas ultrapassarem o limite permitido, conforme a figura 11.



Figura 11 – Etapas de execução da pavimentação rígida
Fonte: ABEDA (2011)

Segundo Guimarães Neto (2011) e Balbo (2007), o processo de aplicação pode ser realizado de várias formas, entre esses formatos estão: concreto simples, concreto com armadura distribuída descontínua sem função estrutural, concreto com estrutura armada e protendido, concreto simples com barra de transferência. Toda a produção do concreto deverá ser dosada e misturada próximo ao local da obra, facilitando assim o transporte desse material que deverá ser transportado por um caminhão basculante. Sua aplicação deverá acontecer após a fixação das barras de transferências e com trabalho contínuo e com tempo limitado de uma hora para concretos confeccionados sem retardador.

Segundo ABEDA (2011), a fase de implantação do revestimento em concreto o adensamento, nivelamento e acabamento final, são fases que exigem profissionais gabaritados na atividade e equipamento adequado, para que não ocorra erros de projetos, o nivelamento será feito imediatamente após o adensamento do concreto, com um auxílio de um equipamento vibroacabador, a figura 12 mostra um pouco do processo.



Figura 12 – Fase de aplicação, adensamento, nivelamento e acabamento final da pavimentação de concreto
Fonte: ABEDA (2011)

Execução da junta, cura e selagem das juntas é processo que será realizado por uma

serra disco diamantado com cortes longitudinais e transversais com desvios admissíveis de cinco milímetros. O período da cura deverá durar um período de vinte e oito dias, para que não perca a umidade necessária. Após o período da cura, já definida, deverá ser feita a secagem das juntas com material de enchimento adequado com as juntas limpas e secas (SILVA, 2008).

4.3 Relação custo-benefício na execução dos pavimentos

Segundo o DNIT para o Portland Cement Association – PCA (1984), toda implantação de pavimentação de estradas segue os padrões de medidas e controle de qualidade, de acordo com a planilha de custo do DNIT, a medidas padrões para executar a pavimentação flexível são: 3,6 metros de largura para faixa simples e 2,5 metros de largura para o acostamento. O revestimento em asfalto pode variar entre Tratamento Superficial Duplo (TSD) ou Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com 10 cm, tanto para pista quanto para acostamento. Gerando um custo total na sua execução de R\$ 3.172.000,00 (três milhões, cento e setenta e dois mil reais) por quilômetro.

Para o pavimento rígido o DNIT, determina que as medias padrões serão 18 a 24 cm para pista e 10 a 20 cm para acostamento, com a aplicação de revestimento em placa de concreto de cimento Portland. Essas medidas são descritas para a mesma tecnologia de construção da fundação do pavimento flexível. Após aplicando o custo médio chegara próximo aos R\$ 5.426.000,00 (cinco milhões, quatrocentos e vinte e seis mil reais) por quilômetro (PCA, 1984).

Todo método analítico, segundo PCA (1984) e DNIT (2006), para pavimentos rígido e flexível é utilizado baseado em informações no período de 20 anos, é notório que quando se faz o comparativo entre os pavimentos flexível que apresenta custo menor ao ser implantado do que o pavimento em concreto, não só as questões financeiras, mais também o fator técnico na hora da execução tem que ser abordado; como o tempo de execução e entrega da pista, mão de obra disponível e qualificada, o material acessível ao local da obra, manutenção necessária para maquinas e equipamentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas rodovias brasileiras, devido ao grande fluxo de veículos, faz-se necessário a escolha do melhor sistema de pavimentação, com alta resistência, durabilidade, baixo custo de manutenção, economicamente viável e possível de ser executado conforme a realidade da obra. Verificou-se nesta pesquisa a existência de tipos variados de pavimentos, dentre eles; a pavimentação Flexível e Rígida. No entanto, a maioria das estradas do Brasil foram e continuam sendo construídas com pavimentação asfáltica, em virtude da maior facilidade na execução e menor custo inicial.

Ficou evidenciado que o pavimento rígido em concreto possui indiscutíveis vantagens em relação ao pavimento flexível, quando os quesitos apresentados são os fatores

econômico, social e ambiental. Apesar de toda essa superioridade do pavimento rígido, o flexível representa ainda a maior parte da malha rodoviária brasileira, esse fato deve-se à maior facilidade que o mercado proporciona para a execução da pavimentação asfáltica.

Diante do exposto, ficou constatado que a durabilidade, econômica e segurança são vantagens inerentes à utilização da pavimentação de concreto, revelando a importância quanto ao uso do mesmo, desde a sua execução até a sua manutenção. De acordo com as informações obtidas, verificou-se a viabilidade da pavimentação das estradas em concreto rígido, onde os custos são compatíveis com os procedimentos utilizados, considerando que o mesmo abrange segurança do usuário, reduz o consumo de iluminação pública e tem menor custo com manutenção. Nesse sentido, podemos concluir que a pavimentação de concreto mostra-se bastante relevante em rodovias brasileiras. No entanto, cada caso necessita ser analisado diferentemente. Assim, não foi possível concluir, em termos de custos, qual pavimento é mais compensador, uma vez que os dois tipos (flexível e rígido) apresentam suas vantagens e desvantagens. Nesse sentido, espera-se que novos estudos sejam realizados e, dessa forma, consolidem os resultados da literatura.

Referências

- ABCP. Corredores de ônibus – **Por que pavimento de concreto**, 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/corredores-deonibus-por-que-pavimento-de-concreto>>. Acesso em 25/março/2022.
- ANANIAS, Renata. OLIVEIRA, Viviane, MEAN, Angélica. **Pavimentação rígida**. Itatiba. Universidade São Francisco. 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIROS DA PAVIMENTAÇÃO – (ABEPV 2016) disponível: **Desafios atuais para a engenharia – Drenagem e pavimentação em área urbana**. Acesso em 13/abril/2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7583: **execução de pavimentos de concreto simples por meio mecânico**. Rio de Janeiro, 1986.
- BALBO, J. T. **Construção e Pavimentação**. São Paulo/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jun/2017, 21 p.
- BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de Concreto**. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- BENEDETI. Leandro Zafarelli. et al. **Problemas e soluções em estruturas de pavimentos asfálticos**. 2012. Disponível em: <<https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/63394#:~:text=Todo%20pavimento%20deve%20ser%20dimensionado,sujeito%20a%20condi%C3%A7%C3%B5es%20clim%C3%A1ticas%20desfavor%C3%A1veis>>. Acesso em 13/abril/2022.
- BERNUCCI, Leidi B; MOTTA, Laura M. G; CERATI, Jorge A. P; SOARES, Jorge B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 3º ed. Rio de Janeiro: Imprinta, 2010. 400p.
- BERNUCCI, Liede Bariani et al., **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2006. 504 f.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT, **pesquisas da confederação Nacional de Transporte em rodovias**, 2013. Disponível em: <www.cnt.org.br/Publicacoes/pesquisa-cnt>. Acesso em 02/abril/2022.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE – DNIT. **Planilha: Custos Médios Gerenciais 2017**. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnit/pt-br>>. Acesso em 12/março/2022.
- DER/SP. **Avaliação funcional e estrutural de pavimento**. Departamento de Estradas de Rodagem. São Paulo, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-003_A.pdf>. Acesso em

14/04/2022.

DNIT. **Manual de pavimentação.** Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006.

GUIMARÃES NETO, Guilherme Loreto. **Estudo comparativo entre a pavimentação flexível e rígida,** Trabalho de Conclusão de Curso, UNAMA, 2011.

MAPA DA OBRA – GRUPO VOTARANTIM CIMENTOS; **Estrutura dos pavimentos.** Artigo elaborado conforme fontes da Confederação Nacional de Transporte em rodovias, 2015. Disponível em: <<https://www.mapadaobra.com.br>>. Acesso em 25/março/2022.

NAKAMURA, Juliana. **Pavimentação asfáltica. Infraestrutura urbana – projetos, custos e construção.** São Paulo, dezembro -2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.com.br>>. Acesso em 25/março/2022.

RADFORD, Thomas. **Construção de estradas e pavimentações.** Rio de Janeiro: AO Livro Técnico Ltda., 1957.

SENÇO, W. de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** 1a Edição. São Paulo: Pini, 1997.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p.

VASATA, Ana Claudia Dal Pra. Silva JUNIOR, Ildevando. **Análise comparativa entre sistemas de pavimentação rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica para aplicação em uma via urbana.** Pato Branco. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná. 2013.

CAPÍTULO 15

ANÁLISE DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS E SUA CONTRIBUIÇÃO NA COLETA DE ÁGUA PLUVIAL NO ESPAÇO URBANO

*ANALYSIS OF COMPENSATORY TECHNIQUES AND THEIR
CONTRIBUTION TO RAINWATER COLLECTION IN URBAN SPACE*

Everton da Silva Santana¹
John Victor Moraes dos Santos¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Técnicas compensatórias são elementos desenvolvidos que podem ser aplicados dentro do espaço urbano, com a finalidade de armazenar ou infiltrar as águas precipitadas promovendo o mínimo de impacto possível com os altos volumes de escoamento superficial destinados aos sistemas de micro e macrodrenagem respectivamente, com o desenvolvimento urbano desordenado e uma série de transformações impostas ao ambiente como a retirada da camada vegetal do solo, variações climáticas com aumento de temperatura e a ocorrência de chuvas atípicas que acabam acarretando sobrecargas aos sistemas de drenagem e a ocorrência de cheias urbanas de forma simultâneas, portanto, o presente estudo buscou através de uma revisão da literatura apresentar através da aplicabilidade de técnicas compensatórias dentro de áreas urbanas um conceito de drenagem sustentável e construir assim, uma relação mais de equilíbrio com o meio ambiente, como no caso, a utilização de técnicas de infiltração que possibilitam do reestabelecimento a níveis normais e na qualidade disponível desses recursos hídricos.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Técnicas compensatórias. Ciclo hidrológico. Escoamento superficial. Sustentabilidade.

Abstract

Compensatory techniques are developed elements that can be applied within the urban space, with the purpose of storing or infiltrating the precipitated waters promoting the minimum possible impact with the high volumes of surface runoff destined for the micro and macro drainage systems respectively, with the urban development disorder and a series of transformations imposed on the environment such as the removal of the vegetal layer from the soil, climatic variations with an increase in temperature and the occurrence of atypical rains that end up causing overloads to the drainage systems and the occurrence of urban floods simultaneously, therefore, The present study sought, through a literature review, to present through the applicability of compensatory techniques within urban areas a concept of sustainable drainage and thus build a more balanced relationship with the environment, as in this case, the use of infiltration techniques that make it possible to restore development to normal levels and the available quality of these water resources.

Keywords: Urban drainage. Compensatory techniques. Hydrological cycle. Surface runoff. Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem como finalidade prover uma área com infraestrutura visando suprir as necessidades de uma população baseado num planejamento fundamentado em procedimentos legais previstos. No entanto em alguns países a urbanização passou a ser impactante ao meio ambiente em decorrência da ausência de investimentos em infraestrutura, como construções de moradias e sistema de saneamento de um modo geral água tratada, coleta de esgotos e resíduos sólidos que não acompanham o aumento populacional urbano

Entende-se que a aplicação de práticas sustentáveis em áreas urbanas, são importantes para reestabelecimento natural do ecossistema e para o bem-estar da população, tendo em vista que muitos já se encontram bem alterados por conta da ação indiscriminada do homem colocando em risco o desenvolvimento de futuras gerações e a disponibilidade de recursos naturais como a água potável, o que já é uma realidade a sua falta hoje em várias regiões pelo mundo.

Diante do eminente problema de escassez de água em decorrência do uso irracional, resultando no aumento do abastecimento feito pela companhia de saneamento básico e conseqüentemente ao mesmo tempo um aumento no volume gerado, onde necessitam mais de sistemas de drenagem que favoreçam o escoamento da água aos corpos hídricos ou para as estações de tratamento de esgoto (ETE).

Visto que os sistemas de drenagem urbana podem colaborar para o desenvolvimento de uma sociedade moderna sustentável e para uma relação mais de equilíbrio com o meio ambiente, é importante a participação de todos e principalmente do incentivo das esferas governamentais na criação de parceiras com instituições responsáveis pelo desenvolvimento e custeio da aplicação dessas técnicas, e em troca recebam benefícios tributários com o pagamento de menos impostos tanto para as empresas participantes quanto aos contemplados com a implantação do projeto no seu lote.

Nesse sentido, faz-se necessário a adoção de estudos acerca da implantação de Técnicas Compensatórias de Drenagem que visam mitigar ou retardar os impactos ambientais, vislumbrando assim, a captação, infiltração ou destinação para um fim específico evitando assim seu escoamento superficial, que é responsável pela causa de picos de vazões sobrecarregando os sistemas de drenagem, minimizando os problemas causados pela ocupação desordenada e a volta da ocorrência de forma natural do ciclo hidrológico naquela referida região antes da ocupação. Com isso é de vital importância estimular a necessidade da implantação de sistemas de drenagem, ansiando sempre a eficiência aliada a utilização da engenharia proporcionando soluções satisfatórias para tal problemática.

O presente estudo buscou uma revisão da literatura, no qual foram realizadas consultas a livros e dissertações selecionados através de buscas nas seguintes bases de dados como livros, repositórios institucionais, sites de bancos de dados. O período do material pesquisado foram os trabalhos publicados nos últimos 34 anos. As palavras-chave utilizadas nas buscas foram: Drenagem urbana, Técnicas compensatórias, Ciclo hidrológico, Escoamento superficial, Sustentabilidade.



2. PROCESSO DE URBANIZAÇÃO

A urbanização no Brasil iniciou-se tardiamente, já no final do século XIX, quando a migração de parte da população brasileira para as cidades foi verificada. Com a instauração de um parque industrial no Brasil, quando o país se transformou em um país rural e agrícola para um país urbano e metropolitano, incentivou-se a migração maciça do campo para as cidades em busca de melhores condições de vida. Com isso, no começo do século XX, teve início o fenômeno da urbanização brasileira, que se tornou mais significativa partir da década de trinta (CHRISTOFIDIS, 2010).

A drenagem urbana tradicional ou sistema clássico de drenagem, inspiradas nos preceitos higienistas recomendam a rápida evacuação das águas precipitadas. Nesses sistemas, as águas pluviais são captadas e levadas das zonas urbanas até os corpos d'água por meio de condutos artificiais subterrâneos ou pela captação das águas superficiais, na forma de canais abertos e obras complementares (MOURA, 2004).

De acordo com Silva (2010) vale salientar que em grande parte da área tida como planejada onde é ocupada pela referida população, vem há alguns anos ocorrendo a subtração das poucas partes permeáveis existentes nos lotes, descumprindo assim o código de obras, além de lançarem toda a sua produção de águas residuais diretamente nos sistemas de micro e macrodrenagem, haja vista a falta de sistemas coletores para este tipo de efluente.

2.1 Impactos ao meio ambiente

O desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural, com a impermeabilização do solo através da construção de edificações, ruas, calçadas e pátios, a água que infiltrava, passa a escoar pelos condutos, aumentando o volume de escoamento superficial (TUCCI E BERTONI, 2003).

De acordo com Tucci e Bertoni (2003) relatam que a urbanização também gera efeitos negativos sobre os recursos hídricos, causa variações climáticas, interfere no funcionamento natural do ciclo das águas, além de modificar a camada superficial terrestre causando a impermeabilização do solo.

Com as mudanças ocasionadas no solo e o aumento de áreas impermeáveis resultando em grandes volumes de escoamentos superficiais, ocasionam uma certa dificuldade aos sistemas de drenagem para a retirada dessas águas. Portanto, é natural o surgimento de uma série de problemas sociais e ambientais vividos pelas populações acometidas por essa problemática. A figura 1, retrata que a falta de saneamento básico aliado as mudanças climáticas, ocasionam a ocorrência cada vez mais frequente de fenômenos como enchentes, alagamentos e inundações. sendo que cada um possui significados distintos, segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (BRASIL, 2007).



Figura 1 - Diferença entre inundação, alagamento e enchente
 Fonte: Almeida, Masini e Malta (2016)

A inundação representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea. Já as enchentes, são definidas pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar. Já o alagamento, trata-se do acúmulo temporário de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem (BRASIL, 2007).

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), quanto maior for as modificações das características do solo, maior será a ocorrência destes fenômenos pós-chuva e consequente o surgimento de doenças de veiculação hídrica. A tabela 1 apresenta dados referente a mortalidade infantil relacionada com as doenças de veiculação hídrica no Brasil.

Idade	Infecção Intestinal		Outras(*)	
	1981	1989	1981	1989
< 1 ano	28.606	13.508	87	19
1 e 14 anos	3.908	1.963	44	21
> 14 anos	2.439	3.330	793	608

Tabela 1 – Mortalidade devido a doenças de veiculação hídrica no Brasil
 Fonte: Tucci e Bertoni (2003)

No Brasil 65% das internações hospitalares são provenientes de doenças de veiculação hídrica (TUCCI e BERTONI, 2003).

Muitas destas doenças estão relacionadas com baixa cobertura de acesso água tratada e a condições precárias de saneamento como diarreia e cólera. Já outras estão relacionadas com a ocorrência de inundações e enchentes como a leptospirose, malária e dengue (TUCCI e BERTONI, 2003).

As doenças quanto a água pode ser classificada baseado no conceito apresentado por (PROST, 1993). Doenças com fonte na água: cólera, salmonela, diarreia, leptospirose (desenvolvida durante as inundações pela mistura da urina do rato), a água age como veículo passivo para o agente de infecção. Doenças devido à falta de higiene: dependem da educação da população e da disponibilidade de água segura, estas doenças estão relacionadas com a infecção do ouvido, pele e os olhos. Relacionado com a água: malária (no qual o agente utiliza a água), esquistossomose (o agente utiliza a água para se desenvol-

ver), febre hemorrágica (PROST, 1992).

2.2 Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico trata-se então do principal tema no estudo da hidrologia, envolvendo como os elementos da natureza têm influência sobre as bacias hidrográficas, que exercem significativa influência no clima local e regional, devido aos fluxos de energia e água na atmosfera. Alterações nos ciclos da água, energia solar, carbono e nutrientes, provenientes de mudanças na utilização de terras de uma dada região, podem também provocar consequências climáticas e ambientais, em escalas local, regional e até global (SERLA, 2001). A figura 2 faz a representação do ciclo hidrológico.

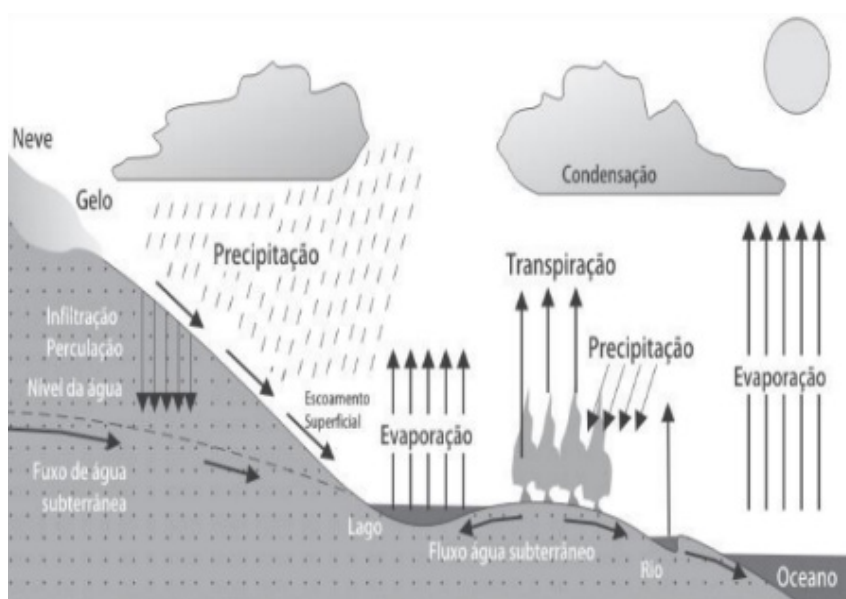


Figura 2 – Ciclo hidrológico
Fonte: Tucci e Bertoni (2003)

Ciclo da água como também é conhecido em uma forma bem simples de ser entendida, tem início com a transpiração de plantas e animais e na evaporação das águas dos rios e oceanos através do aquecimento da superfície terrestre. Esse vapor acaba sendo transportado pelo movimento das massas de ar e sob determinadas condições acabam condensando, formando as nuvens que se precipitam sobre a superfície terrestre caindo em forma de chuva. Parte dessa água que escoam sobre a superfície passando pelos elementos dos sistemas de drenagem e voltam para os rios e oceanos, enquanto outra parte penetra no solo reabastecendo o lençol freático (LIMA, 2018).

3. MEDIDAS DE CONTROLE

Segundo Lima (2018), os planos de controle do escoamento superficial dos sistemas clássicos de drenagem são classificados a partir das ações provocadas sobre as bacias hidrográficas no decorrer do processo de desenvolvimento urbano, sendo definidas e distribuídas na fonte, na macrodrenagem e na macrodrenagem.

A macrodrenagem é a parte do sistema que recebe água coletada pelos sistemas de micro drenagem, cuidando dos fundos de vales e à que interessa mais a área total da bacia, seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos d'água urbanos (NETTO, 2015).

Segundo Tucci e Bertoni (2003), a micro drenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais a nível de loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender à drenagem de precipitações com risco moderado. A figura 3 faz a representação dos componentes constituintes do sistema de drenagem.



Figura 3 – Componentes do sistema de drenagem
Fonte: Lima (2018)

A drenagem subterrânea recebe a água da superfície do solo e a direciona para o componente interno de drenagem que é a galeria de água pluvial. Essa galeria é utilizada como principal instrumento de transporte da água no sistema de drenagem, as bocas de lobo são dispositivos localizados em pontos estratégicos nas sarjetas para a captação da água e estão diretamente conectadas a galeria, os poços de visitas são instrumentos situados ao longo das galerias que permitem acesso para a realização de manutenção do sistema (LIMA, 2018).

3.1 Técnicas compensatórias

As TCs vêm sendo analisadas na atualidade por apresentar um conceito de drenagem sustentável, que busca reduzir os impactos que o processo de urbanização causa sobre o ciclo hidrológico (GONZALEZ, 2014).

Porém, se o sistema de drenagem falhar, a cidade sofrerá com inundações e isto mostra como as medidas de armazenamento tornam-se fundamentais para reorganizar os escoamentos e mitigar os problemas (CANHOLI, 2014).

3.2 Trincheiras de infiltração

Constitui-se de uma escavação de uma valeta que é preenchida com material granular, como brita ou cascalho, e sua superfície é reaterrada (Figura 4). O material granular promove a reserva temporária do escoamento, enquanto ocorre a percolação da água para o subsolo (CANHOLI, 2005).



Figura 4 – Trincheiras de infiltração
Fonte: Coelho (2021)

As trincheiras possuem como finalidade reduzir o volume de água referente ao escoamento superficial, armazenando água precipitada por um tempo até que se infiltre no solo, diminuindo a probabilidade de enchentes (FRANCHINI, 2017).

As trincheiras de infiltração são usualmente preenchidas com qualquer tipo de brita, que embora reduza o volume da água que possa ser armazenado na trincheira, acaba proporcionando mais segurança e propicia maior estabilidade do talude, diminuindo o risco de erosão. Usualmente são revestidas com materiais naturais, como gramíneas, ou manta geotêxtil permeável, ou até mesmo não apresentam revestimento algum. Já a trincheira de detenção objetiva o rearranjo temporal dos hidrogramas. Geralmente são revestidas com mantas geotêxtis impermeáveis ou concreto, prezando mais a impermeabilização (MOUTINHO, 2011).

A água que escoar pode acessar as trincheiras através da parte superior, ou pelo sistema convencional de drenagem. Enquanto para as de infiltração, assume-se que toda água infiltrará, não sendo necessário portanto, dispositivos de recolhimento de água, para as de detenção, esses dispositivos devem ser pensados e dimensionados, e a estrutura que normalmente cumpre essa função é o poço de visita (MOUTINHO, 2011).

3.3 Telhado verde

De acordo com Lourenço (2014), as coberturas verdes são sistemas de gestão das águas pluviais, que consistem em telhados revestidos por cobertura vegetal composta por plantas, arbustos e árvores. Estes colaboram para transformar o ambiente urbano em algo mais ameno e ao mesmo tempo sustentável, além de reduzir o volume de escoamento das águas precipitadas aliviando assim os sistemas de drenagem, esses dispositivos

também contribuem para a melhoria da qualidade da água.

Um dos principais benefícios proporcionados pelo uso das coberturas vivas é a pouca necessidade de manutenção. A escolha criteriosa das espécies a serem empregadas é fundamental para que esta vantagem seja mantida. Sua especificação depende, além da característica das plantas, em si, de requererem pouca manutenção, fatores como clima local, inclinação da cobertura, se há sombreamento ou não e a altura do substrato necessária. Na escolha das espécies é importante, ainda, especificar aquelas com raízes menos agressiva ao material de impermeabilização (NETO, 2012).

Conforme Laar *et al.* (2001), o uso desta tecnologia vem sendo amplamente utilizada na Alemanha, onde tem obtido excelentes resultados, sendo adotadas em vários tipos de construções desde obras residenciais a industriais. Sendo aplicada com garantia de rentabilidade e com aumento da durabilidade da impermeabilização das coberturas, aumentando a sua vida útil. A figura 5 faz uma representação de telhado verde. A figura 5 faz uma representação de telhado verde.



Figura 5 – Telhado verde
Fonte: Kipper (2015)

O telhado verde, quando utilizado de forma estratégica, pode ser considerado como uma solução natural e complementar aos espaços urbanos, pois nos grandes centros à escassez de áreas verdes, eles podem contribuir positivamente para a extensão dessas áreas (COELHO, 2021).

O principal benefício ambiental é a regulação da temperatura urbana, redução do efeito ilha de calor, sendo este o resultado do acúmulo das modificações nas coberturas do solo e na composição da atmosfera, devido a urbanização (RAPOSO, 2013).

3.4 Pavimento permeável

Uma das soluções adotadas para compensar a impermeabilidade do solo e reduzir os índices de alagamentos das áreas urbanizadas é a utilização de pavimentos permeáveis. Esses dispositivos trabalham em conjunto com os sistemas clássicos de drenagem, favorecendo o retardo no tempo de escoamento superficial das águas e devolvendo ao solo sua capacidade de infiltração natural (VIRGILLIS, 2009).

De acordo com Acioli (2005), a pavimentação permeável é uma técnica compensatória de drenagem urbana que atua no controle da impermeabilização das superfícies construídas nas cidades, normalmente utilizada pelos órgãos públicos para atender as exigências hídricas da legislação dos centros urbanos, controlando a área útil e a permeabilidade do terreno ou lote.

3.5 Bacia de detenção

De acordo com Righetto (2009), descreve que os reservatórios de detenção são construídos para reter parte do volume escoado na bacia a montante, impedindo a inundação das áreas a jusante. Esses reservatórios são para retenção temporária da água, e devem funcionar junto com a rede de drenagem tradicional, não sendo muito eficaz para a remoção dos sólidos e dos poluentes. A figura 6 demonstra a utilização deste sistema.

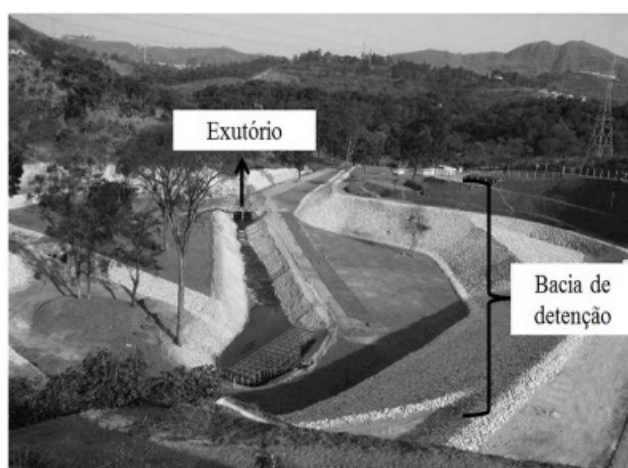


Figura 6 – Baía de detenção
Fonte: Coelho (2021)

Estes dispositivos, são projetados para esvaziar totalmente em menos de 24 horas e 48 horas no máximo para que não se proliferem vetores no local de sua instalação. O reservatório deve ser projetado com um revestimento impermeável, e deve conter um dispositivo de saída da água, além de um vertedouro de segurança (GONZALEZ, 2014).

Este tipo de solução permite que a solução de drenagem seja combinada com uma medida de viés urbanístico, e ter utilidade na época de poucas chuvas quando não estiver sendo utilizada para essa função. Fora da época de chuvas, o espaço pode ser utilizado como estacionamento, espaço de recreação ou quadra esportiva (GONZALEZ, 2014).

3.6 Poço de infiltração

São poços escavados, como sumidouros, que permitem a infiltração das águas pluviais para o subsolo. É a técnica mais utilizada no espaço urbano quando não se dispõe de espaço ou quando já há urbanização consolidada, inviabilizando a implantação das medidas dispersivas de aumento da infiltração (CANHOLI, 2005). A figura 7 faz a representação de um poço de infiltração.

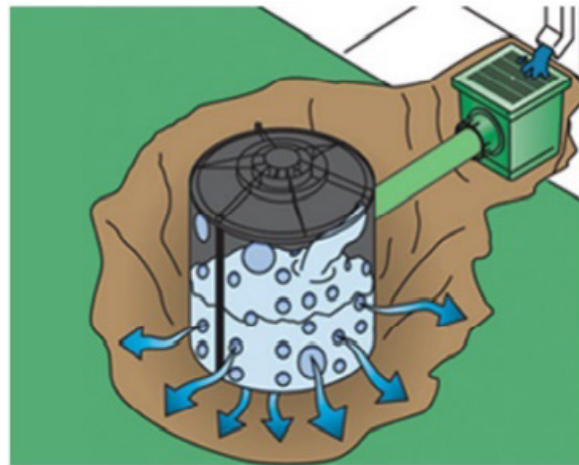


Figura 7 – Poço de infiltração
 Fonte: Almeida, Masine e Malta (2016)

Esses componentes têm como principais vantagens: aumento da recarga de aquíferos, preservação da vegetação natural e redução do transporte de poluição, tamanho dos condutos e das vazões máximas a jusante (CHRISTOFIDIS, 2010).

4. MANEJO DE ÁGUA DA CHUVA

O passo inicial para o aproveitamento de água de chuva consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas de casas, apartamentos e condomínios, dimensionados de tal forma que levem em consideração os valores de precipitação da região e que separem as águas iniciais de chuva, devido à concentração de substâncias sólidas depositadas pelo vento e por pássaros. (TOMAZ, 2003)

O presente estudo faz uma referência de utilização para fins não potáveis com aplicações destinadas a rega de jardim, lavagem de pisos em geral, descarga de vasos sanitários (KLEINDIENST, 2015). A figura 8 representa o esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva, onde o reservatório vermelho representa a água da chuva, e está destinando a água apenas para o uso não potável.



Figura 8 – Manejo de água da chuva
 Fonte: Kleindienst (2015)

De acordo com Kleindinens (2015), ressalta a importância de a possibilidade deste sistema ser abastecido pelo sistema de água potável a fim de possibilitar a inutilização em épocas de estiagem, e da necessidade de o sistema possuir uma derivação, com o objetivo de descartar as primeiras chuvas, evitando assim a contaminação da água por possíveis agentes patológicos.

4.1 Superfície coletora de água

As superfícies comumente escolhidas como coletoras são os telhados ou superfícies localizadas no solo. Influências causadas pelo índice pluviométrico e sua distribuição no tempo, somam-se à área destinada à captação, que quanto maior, mais chuva é capaz de coletar. Para o funcionamento do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) é necessário que esta superfície esteja disponível, protegida, se encontre a céu aberto e seja impermeabilizada (HERKENHOFF, 2017).

A área da superfície coletora é calculada pela projeção horizontal das superfícies que compõem a estrutura de captação dos telhados e determina quanto de chuva poderá ser coletada de acordo com a pluviometria local (HERKENHOFF, 2017). A figura 9 mostra a área de contribuição do projeto pela projeção horizontal da superfície coletora.

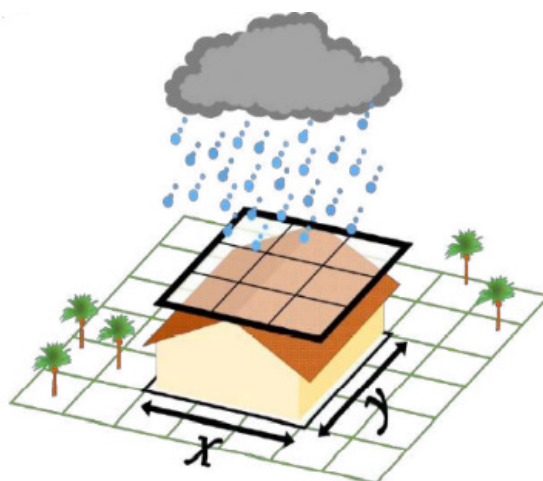


Figura 9 – Cálculo da área de contribuição do projeto pela projeção horizontal da superfície coletora
Fonte: Herkenhoff (2017)

O valor da área a ser utilizada nos cálculos pode ser estimado medindo-se a sombra projetada no terreno quando o sol está a pino, o que inclui os beirais, que é o prolongamento da cobertura para além do limite das paredes externas. Sua função principal é proteger os componentes da edificação das águas das chuvas e da insolação direta como as portas e as janelas (HERKENHOFF, 2017).

4.2 Componente de transporte

As calhas podem ser de chapas galvanizadas, liga de alumínio e PVC rígido, algumas características quanto ao material de fabricação das calhas devem ser analisadas. Elas

devem ser de materiais que possuam resistência à corrosão e que não sejam afetadas por mudanças térmicas, devem ser lisas, leves e ter longa durabilidade (OLIVA, 2017). A figura 10 faz a representação de seções mais comuns.



Figura 10 – Componente de transporte
Fonte: Oliva (2017)

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT (NBR 10844/88), é importante que o dimensionamento e a instalação de calhas sejam feitos com atenção e de forma adequada, sendo posicionadas nas extremidades do telhado e obedecendo a inclinação mínima de 0,5% no sentido dos condutores verticais.

4.3 Condutores horizontais e verticais

De acordo com ABNT (NBR 10844/1988), para os condutores horizontais e verticais devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica para que não corra o risco de acabarem ficando subdimensionados. Para captação da água estes coletores podem ser de PVC ou metálicos, sendo o mais utilizado o de PVC até pela facilidade no manuseio, o que contribui bastante na instalação.

4.4 Filtro de retirada de materiais grosseiros

As telas e grades são utilizadas para a retenção de folhas, sujeira e areia que ficam nas calhas, mantendo a água mais limpa e não obstruindo a passagem de água nos condutores. Os produtos de filtragem devem ser de materiais que não enferrujam (CARDOSO, 2013).

Os telhados das edificações durante os períodos secos acumulam muita sujeira como sedimentos, folhas, galhos e fezes de animais. A entrada destes poluentes prejudica bastante o sistema contaminando toda a água reservada, portanto a presença desses elementos deve ser evitada com a instalação de um tipo de proteção que podem ser filtros ou telas que impeçam sua passagem ou manutenções periódicas constante, garantindo assim o funcionamento pleno do sistema (HERKENHOFF, 2017). A Figura 11 fazem a representação destes dispositivos.

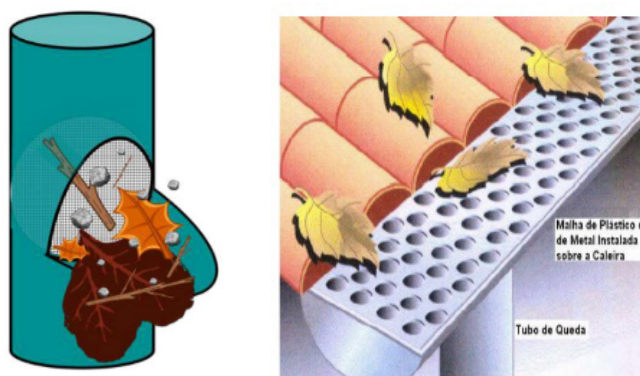


Figura 11 – Filtro de retirada de materiais grosseiros
 Fonte: Herkenhoff (2017) e Bertolo (2006)

As telas e grelhas são utilizadas para a retenção dos materiais mais grosseiros, enquanto os filtros têm a função de remover as menores partículas (PRADO e MULLER, 2007).

4.5 Reutilização da água da chuva

A viabilidade desta técnica se caracteriza pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de abastecimento, resultando na redução de custos com água potável e diminuição dos riscos de enchentes (MAY, 2004).

Esta técnica de aproveitamento de água da chuva vem sendo usada cada vez mais em várias partes do mundo como uma forma de diminuir o grave problema da escassez de água (CARDOSO, 2013).

Em países altamente industrializados como Japão e Alemanha apresentam grande empenho em relação ao uso de sistemas de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. No Japão, o governo oferece em 16 cidades ajuda financeira para quem queira construir na sua residência um sistema de reserva de água de chuva e ou sistemas de valas para sua infiltração. Berlin e outras cidades da Alemanha, desde 2000, possui uma taxa pela introdução de água pluvial na rede pública de esgoto, favorecendo a implantação de sistemas coletores de água da chuva para os proprietários das casas (MAY, 2004).

Com a utilização de sistemas de captação pluvial é possível reduzir em até 60% os gastos com o abastecimento de água. O brasileiro consome em média 185 litros diários de água, destes cerca de 32% são usados na descarga de vasos sanitários e mictórios; 14% na lavagem de roupas; e 8% destinados a lavagem de automóveis, de áreas externas e irrigação (VERDE, 2013).

De acordo com FetraCan (2017), a tecnologia atual de reuso permite o reaproveitamento de aproximadamente 80% da água utilizada na lavagem de ônibus urbanos e rodoviários. Pelos cálculos da Confederação, se todas as empresas de transporte de passageiros adotarem o reuso, a economia de água poderá chegar a 51 milhões de litros a cada ciclo de lavagem de toda a frota, o que corresponde ao consumo diário de uma cidade como Olinda (PE).

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de técnicas compensatórias no meio urbano na busca de mitigar os impactos causados ao meio ambiente por conta do crescimento urbano desordenado tem ganhado cada vez mais atenção, muito pelo fato de hoje mostra-se como uma prática de drenagem simples e sustentável, muitos países já fazem uso da técnica de captação da água e em tempos de crise e indisponibilidade de recursos financeiros para essa alternativa é vista com bons olhos.

A utilização do sistema de captação se tornou favorável pelo fato do projeto ser desenvolvido em um país tropical e localizado em uma região com estações chuvosas bem definidas e com índices pluviométricos favoráveis, onde possibilita um desafogo na demanda fornecida pela companhia de abastecimento local e ajuda no reestabelecimento dos corpos hídricos e colaboram com economia financeira no fim do mês.

Portanto faz-se necessário o desenvolvimento e aprimoramento de novos estudos, que possibilitem a utilização de novas técnicas e o surgimento de novos materiais que melhorem e proporcionem mais eficiência aos sistemas, ajudando de fato o meio ambiente no desperdício e prevenindo a ocorrência de fenômenos catastróficos que podem ceifar a vida de muitas pessoas.

Referências

- ACIOLI, Laura Albuquerque. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. 2005. 162 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT (NBR 108/44) **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, ABNT, 1988.
- ALMEIDA, Gustavo Henrique Tonelli Dutra de; MASINI, Letícia Santos; MALTA, Luiz Ricardo Santos. **Hidrologia e drenagem**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A. 2017.
- BRASIL. Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, Ministério das Cidades, 2007.
- BERTOLO, Elizabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. 2006. 204 p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2006.
- CARDOSO, Carlos Eduardo Nascimento. **Aproveitamento de Água de Chuva Para Fins Não Potável**. 2013. 74 p. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, São Paulo, 2013.
- COELHO, Emanuele Oliveira Machado. **Drenagem Urbana Sustentável**. 2021. 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Paragominas, 2021.
- CHRISTOFIDIS, Hugo do Vale. **Drenagem urbana sustentável: Análise do uso do retrofit**. 2010. 165 p. Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.



FRANCHINI, Tiemy. **Estudo comparativo da eficiência entre trincheira de infiltração e trincheira de infiltração com uso de garrafa pet.** 2017. 44 p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2017.

FETRACAN. **CNT orienta sobre reaproveitamento de água na lavagem de ônibus.** 2017. Federação da Empresas de Transporte de Cargas do Nordeste –FETRACAN. 2017. Disponível em: CNT orienta sobre reaproveitamento de água na lavagem de ônibus | Fetracan. Acessado em: 26 mai 2022.

GONZALEZ, Fernanda Cristina Gonçalves. **Projeto de drenagem sustentável para mitigação de cheias na bacia do rio Quitandinha,** 2014. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

HERKENHOFF, Patricia Benezath. **Aproveitamento de Água da Chuva para Contemplação no Abastecimento das Escolas de Ensino Fundamental do Município de Arari** – Maranhão. 2017. 142 p. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro, Rio de Janeiro 2017.

KLEINDIENST, Thiago Urbano Silva von Gusseck. **Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para residências uni familiares.** 2015. 65 f. Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015.

KIPPER, Alex. **Drenagem Urbana: Comparativo de custos no dimensionamento utilizando sistemas de drenagem tradicional higienista, e compensatória com micros reservatórios.** 2015. 79 p. Trabalho de conclusão de curso graduação em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2015.

LAAR, Michel. et al. **Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical.** VI ENCAC – Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, SP. 2001

LOURENÇO, Rossana. **Sistemas Urbanos de drenagem sustentáveis.** 2014. 164 p. Dissertação Mestrado – Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico Superior de Engenharia, Coimbra, 2014.

LIMA, Dieison de Souza. **Estudo do pavimento de concreto permeável como medida mitigatória na drenagem pluvial urbana.** 2018. 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Pitágoras Unopar, Londrina, 2018.

MOUTINHO, V. D. **Avaliação e Reabilitação de Redes de Microdrenagem.** Trabalho Final de Graduação, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente - DRHIMA, Rio de Janeiro, 2011.

MOURA, Priscilla Macedo. **Contribuição para a avaliação global de sistemas de drenagem urbana.** 2004. 164 p. Dissertação Mestrado em Engenharia de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2004

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água da chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 189 f. Tese (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

NETO, Pedro de Sousa Garrido. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água da chuva.** 2012. 177 p. Projeto de Graduação para Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012.

NETTO, José Martiniano de Azevedo. **Manual de hidráulica.** Editora Edgard Blucher LTDA. 2015.

OLIVA, Carolina Asensio. **Instalações hidrossanitárias.** Editora e Distribuidora Educacional S.A., Londrina. 2017.

PRADO, G. S., MULLER, M. S. K. **Sistema de aproveitamento de água para edifícios.** Revista Técnica, Editora PINI, São Paulo, SP, p.77-80, 01 nov. 2007. Disponível em: Acesso em: 22 fev 2012.

PROST, A. **The Management of Water Resources, Development and Human health in the Humid Tropics.** 1992. p 453. In: Hydrology and Water Management in Humid Tropics. Cambridge University Press. 1992.

RIGHETTO, Antonio Marozzi. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** 2009. 396 p. Associação Brasileira de

Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. Editora ABES. Rio de Janeiro. 2009.

RAPOSO, Fausto Miguel Ferreira. **Manual de Boas Práticas de Coberturas Verdes: Análise de Casos de Estudo**. 2013. 187 p. Tese de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa. 2013.

SILVA, Pedro Oliveira da. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá**. 2010. 141 p. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Recife, 2010.

SERLA - Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro - Uma Abordagem Geral**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro, ago. 2001.

TUCCI, Carlos E. M. BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. 2003. 156 p. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Qualidade da água da chuva In: Curso: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Cap. 2. São Paulo, 2003.

VIRGILLIS, Afonso Luís Corrêa de. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. 213 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2009.

VERDE, Pensamento. **Reaproveitamento de Água da Chuva: Ideias e Soluções**. São Paulo. 2013. Disponível em: Reaproveitamento de Água da Chuva: Ideias e Soluções - Pensamento Verde. Acessado em: 28 mai 2022.



CAPÍTULO 16

GESTÃO DE QUALIDADE: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E SUGESTÃO DE APLICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

*QUALITY MANAGEMENT: BIBLIOGRAPHIC REVIEW AND SUGGESTION
OF APPLICATION OF PROCEDURES FOR THE EXECUTION OF SERVICES
IN MASONRY*

Rafael Leite Gomes¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O trabalho titulado Gestão de qualidade: Revisão Bibliográfica e Sugestão de Aplicação de Procedimentos de Execução de Serviços, corresponde a uma revisão bibliográfica acerca da análise de conteúdos que abordam os Processos de Construção, a partir da gestão de qualidade, ou seja, uso e desperdícios de materiais, impactos diretos e indiretos no andamento da obra, resultando em entregas satisfatórias ou não dos serviços. A presente proposição surgiu a partir de observações em obras da construção civil, pela via técnica da edificação. Para isto serão abordadas questões de ordens conceituais, considerações sobre as causas e soluções dos problemas percebidos durante a execução do serviço e atribuições profissionais no âmbito da engenharia civil. Neste sentido, pretende-se fazer revisões bibliográficas sobre a qualidade aplicada nos serviços que compõem os projetos de engenharia civil. Para tanto, serão utilizadas pesquisas de Rossato (1996), Souza (1996) e outros nomes da engenharia. Com isto, o trabalho objetiva, inicialmente influenciar diretamente na redução de custos ao minimizar o desperdício de materiais, formando assim base de dados para o melhor desenvolvimento de futuras obras. Por fim, pretende-se também esclarecer outros aspectos da importância da criação e aplicação de treinamentos das empresas para os seus colaboradores no que se refere ao serviço de alvenaria estrutural como ferramenta de gestão de processo de qualidade. Portanto, a relevância desta pesquisa dá-se pela ampliação de conhecimentos básicos às empresas de construções de pequeno, médio e grande porte.

Palavras-chaves: Gestão de Qualidade. Procedimentos. Construção. Engenharia Civil. Treinamentos.

Abstract

The work entitled Quality management: Bibliographic Review and Suggestion of Application of Procedures for Execution of Services in Masonry, corresponds to a bibliographic review about the analysis of contents that approach the Construction Processes, from the quality management, or that is, use and waste of materials, direct and indirect impacts on the progress of the work, resulting in satisfactory or unsatisfactory delivery of services. The present proposition arose from observations in civil construction works, through the technical route of the building. For this, conceptual issues, considerations about the causes and solutions of the problems perceived during the execution of the service and professional attributions in the scope of civil engineering will be addressed. In this sense, it is intended to make bibliographic reviews on the quality applied in the services that make up the civil engineering projects. For that, researches by Rossato (1996), Souza (1996) and other engineering names will be used. With this, the work aims, initially, to directly influence the reduction of costs by minimizing the waste of materials, thus forming a database for the best development of future works. Finally, it is also intended to clarify other aspects of the importance of creating and implementing company training for their employees with regard to structural masonry service as a quality process management tool. Therefore, the relevance of this research is given to the expansion of basic knowledge to small, medium and large construction companies.

Keywords: Quality Management. Procedures. Construction. Civil Engineering. Trainings.



1. INTRODUÇÃO

A engenharia civil contempla a execução de projetos, sendo eles, de pequeno, médio e grande porte. Logo, é evidente que para isto existem procedimentos em comum, desconhecidos por sujeitos leigos que empreitam determinada obra ou serviço, o que implica em falhas posteriores à execução e gastos além do orçamento feito inicialmente. Diante desta problemática surgiu o interesse em revisar bibliografias que discorrem sobre este tema e então apresentar uma sugestão de aplicação de treinamento para equipes de construção civil a partir do conhecimento sobre as Normatizações Brasileiras e dos Procedimentos de Execução de Serviços – PES, culminando na releitura e análise de um modelo de empresa.

Pretendeu-se também sinalizar como é viável a redução de desperdícios de materiais e mão-de-obra, que impactam diretamente no lucro final de toda e qualquer obra, ampliar a qualidade esperada do serviço e reduzir, substancialmente, o tempo empregado em cada etapa de execução.

Por fim, objetivou-se sugerir a aplicação de treinamentos de equipes de construção civil em obras, segundo a releitura e análise de um modelo de uma empresa particular da ferramenta PES. Com o fim de alcançar cada etapa investigativa desta pesquisa, pretendeu-se, revisar leituras e apontamentos acerca de referenciais bibliográficos que abor-dassem o referido tema, problemas de gestão de qualidade na aplicação dos PES's. Para tanto discorreu-se sobre as *Características da Construção Civil que dificultam a qualidade da obra; Breve história sobre a Gestão de qualidade* – que tratou sobre a importância em compreender a responsabilidade do gestor de qualidade da obra ou serviço, seja ele um encarregado, um técnico ou qualquer pessoa à frente da mesma. *Perdas que interferem na execução de uma obra*, culminando na discussão sobre a *Qualidade na execução de serviços e Vantagens e Desvantagens para Aplicação dos Procedimentos de Execução de Serviços – PES: sugestão de aplicação*, que correspondeu a análises percentuais sobre a excelência na execução do serviço ou obra como peso para o alcance do sucesso ou fracasso na entrega do produto final, culminando na sugestão de treinamentos em formato de documento.

Por fim, espera-se que esta pesquisa possa contribuir substancialmente para a divulgação de conhecimentos básicos e fundamentais da Construção Civil à sociedade civil tal como ao espaço acadêmico, posto ser responsabilidade da engenharia civil primar por serviços de altas qualidades independentemente se o espaço for público ou privado.

2. CARACTERÍSTICAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL QUE DIFICULTAM A QUALIDADE

A construção civil demonstra características únicas que estreitam a aplicação prática das teorias no que diz respeito à qualidade de serviços e produtos. Souza (1996), neste sentido, arguiu que para atingir o padrão de alta qualidade em serviços é fundamental a adaptação de procedimentos e processos devido a sua complexidade, o que implica em planejamento e gerenciamento.

A qualidade da obra como um todo é resultante do seu planejamento e gerenciamento, da organização do canteiro de obras, das condições de higiene e segurança do trabalho, da correta operacionalização dos processos administrativos em seu interior, do controle de recebimento e armazenamento de materiais e equipamentos e da qualidade na execução de cada serviço específico do processo de produção.

Certo que o referido autor alertou sobre a necessidade em ater ao gerenciamento e planejamento das ações a serem tratadas durante a execução da obra. Contudo, há fatores que interferem diretamente na qualidade de execução de uma obra. Por isso, considerou-se relevante destacar duas principais características da construção civil que atrapalham a gestão de processos: a Mão-de-obra pouco qualificada e a produção centralizada.

O primeiro elemento caracterizado por mão- de-obra pouco qualificada, compreende a intensiva e baixa formação, além de motivação profissional dependendo da região, duração e complexidade do empreendimento. Por outro lado, quando da produção centralizada, diferente da produção em cadeia o produto é sempre móvel enquanto o operário é fixo, o que significativamente implica em baixa qualidade de serviço em decorrência de o trabalhador ser um operário móvel. Para melhor compreender estas problematizações é interessante conhecer sobre a história da gestão de qualidade.

3. GESTÃO DA QUALIDADE NA HISTÓRIA

Existe, desde a antiguidade, a preocupação com a qualidade de produtos, seja estes materiais ou não. Exemplo disso foram “as inspeções de produtos e serviços feitos por subordinados dos grandes faraós, pois naquela época tais inspeções ocorriam de forma empírica” (ROSSATO, 1996, p. 07).

Em relação à qualidade da gestão durante a Idade Média o nível de conhecimento continuava primando pelo empirismo, pois os construtores das grandes edificações (castelos, fortes) eram os vulgos pedreiros (atualmente engenheiros), haja vista de que a ciência sobre a construção de edificações dava-se de modo hereditário, não técnico-acadêmico, o que isentava o nível de precisão em medidas e qualidade de materiais (ROSSATO, 1996, p. 07).

Diferentemente destes períodos foi a partir da década de 20 que o engenheiro e estatístico norte-americano Walter Andrew Shewhart também conhecido como “*Pai do Moderno Controle de Qualidade*” desenvolveu um sistema de mensuração baseado na variabilidade encontrada na produção de bens e serviços, conhecido como Controle Estatístico de Processo (CEP) e o método de gestão de qualidade conhecido como Ciclo Deming da Qualidade ou Ciclo PDCA (PLAN, DO CHECK e ACTION). (LONGO, 1996), conforme a Figura 1 apresenta.

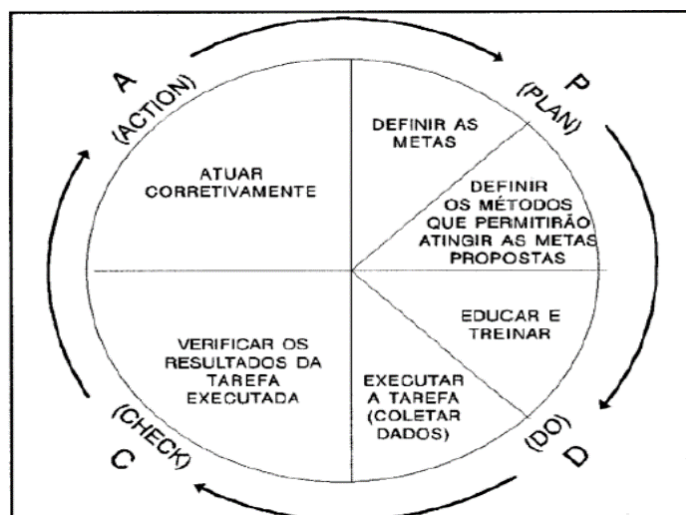


Figura 1 – Ciclo de Deming ou PDCA
Fonte: Souza e Abiko (1997, p. 91)

Contudo, mesmo que o referido engenheiro tivesse desenvolvido um sistema de mensuração para a produção de bens e serviços, foi em fins de 1945, posterior à Segunda Guerra Mundial, que surgiu a necessidade de reconstrução dos países destruídos pelo conflito, dentre eles o Japão. Neste momento W. E. Deming foi convidado pela JUSE (*Japanese Union Scientists and Engineers*) para promover palestras aos empresários da indústria sobre gestão de qualidade e controle estatístico de processos, fato que proporcionou ao Japão um grande desenvolvimento financeiro tornando-o uma potência econômica até os dias atuais (ROSSATO, 1996).

Contudo, ao explanar sobre os avanços da gestão de qualidade ao longo do tempo, vale pontuar sobre a década de 70 que consistiu em uma crise petrolífera, em meio a Guerra Fria, ocasionada pela desregulamentação do sistema monetário que desvalorizou o dólar americano e aumento do valor do petróleo (GASPARETTO, 2013).

Em 1980 com o rompimento de uma nova crise do petróleo impulsionada pela queda da oferta e elevação no preço do barril, vários setores da indústria foram afetados. Concomitante a esta situação de ordem mundial, nesta época, também houve registros de inúmeras falências de empresas e crise das indústrias tradicionais. Surgiram, então, como forma de superar tal crise, novas técnicas de gestão estratégicas com o intuito de fortalecer o planejamento estratégico (GASPARETTO, 2013).

As novas técnicas de gestão estratégica correspondiam a um sistema de caracterização técnica, política e cultural das empresas que tinham como embasamento fundamental as variáveis técnicas, informacionais, sociais, psicológicas e políticas, as quais, visavam a sobrevivência da empresa decorrente de impactos estratégico da qualidade no mercado e nos consumidores.

A respeito disso Longo (1996) sinalizou que alguns aspectos afetavam negativamente o desempenho das organizações das empresas de construção e a competitividade entre as mesmas, dentre estes fatores problemáticos destacaram-se: as deficiências na capacitação dos recursos humanos; os modelos gerenciais ultrapassados; as tomadas de decisões que não são sustentadas adequadamente por fatos e dados e as posturas e atitudes que não induzem à melhoria contínua.

Assim, para que fossem alcançadas as qualidades da execução final de uma obra ou produto verificou-se que eram indispensáveis a manutenção de controle destes níveis e monitoramento dos mesmos a partir de uma gestão eficaz, operante. No entanto, a qualidade não dependia exclusivamente apenas da compreensão cronológica de sua gestão, mas também da percepção das interferências, especialmente perdas, que pudessem ocorrer durante a execução do produto final.

4. PERDAS QUE INTERFEREM NA EXECUÇÃO DE UMA OBRA

O substantivo “perda” segundo o Dicionário Básico da Língua Portuguesa (Aurélio, 2008) significa, dentre outras acepções, prejuízo, extravio, sumiço, ruína e danos. Esse conceito na construção civil, com frequência, é definido como desperdício de materiais. Porém, perda em um sentido mais amplo da palavra e da gestão de processos e projetos é a ineficiência no uso de todo e qualquer recurso, tal como, a perda de tempo na execução de um determinado trabalho, a reutilização da mão-de-obra sem ganhos e substituição de materiais devido à má aplicação. Portanto, os desperdícios estão relacionados tanto com os materiais quanto com o mau uso de equipamentos, tempo ocioso de mão-de-obra, retrabalho e etc. (SOUZA 1996)

“perda ou desperdício seria o consumo de materiais que ultrapassam o necessário estipulado teoricamente para a execução do projeto”. Isto implica perceber a perda como a ineficiência de utilização de recursos físicos ou não. A isto estão relacionadas as conhecidas perdas diretas ou indiretas “como perdas por imprevisão, substituição ou negligência” (FORMOSO, 2013).

Em contribuição a este pensamento Souza (1996) elencou as seguintes falhas: falha no processo administrativo e de gerenciamento de processos; baixa qualidade da matéria prima para execução do produto baseado na escolha do menor preço; falhas ao longo do processo de produção e falhas na fase de pós-ocupação.

A primeira está associada diretamente à gestão do projeto, ou seja, os sujeitos envolvidos no comando da obra, enquanto a segunda falha é proveniente da tentativa de redução de custos, a partir da aquisição de materiais de baixa qualidade que apresentam menor preço de mercado.

Já as falhas ao longo do processo de produção, nada mais são que a ausência de acompanhamento, aplicação de treinamentos e fiscalização durante a execução de etapas ou serviços para a entrega do projeto.

A última falha citada tem como agravante para a empresa a queda na confiabilidade, o que gera o distanciamento entre empresa e consumidor, já que envolve retrabalho pelo fato de o serviço não estar em conformidade com o projeto, reutilização de mão-de-obra e/ou equipamentos, que implicam na percepção de patologias construtivas nos pós entrega do produto.

Outras concepções distintas a respeito da terminologia perda foram compreendidas por Formoso (2006) como situações que ocorriam com frequência na construção civil, as

quais eram: perda por espera, perda no processo, perda no movimento, perda no transporte, perda no estoque, perda por substituição, perda por superprodução, perda por produto defeituoso e outros.

A perda por espera relaciona-se à falta de sincronia entre os fluxos de materiais (aquisição ou entrega) e de atividades desenvolvidas pelos trabalhadores (aplicação do material). Por outro lado, a perda no processo dava-se devido às falhas de métodos de trabalho somadas com a falta de padrão dos procedimentos na evolução do processo construtivo. Em consequência disso é perceptível a falta de treinamento da mão de obra e/ou pobreza de detalhamentos de projetos.

Quando da perda no movimento a falha no gerenciamento das frentes de serviço afastadas, layout do canteiro ineficiente e utilização de equipamento errado estes ocupam posição significativa nas obras e serviços de construção civil. Em decorrência de propiciarem tempo ocioso, demora na entrega e insatisfação do solicitante.

Percebeu-se também que similar a esta falha a perda por transporte provém do extravio, quebra de materiais durante o transporte ou para/dentro a obra, o que se aplica também a equipamentos a serem utilizados no decorrer dos serviços. Já a perda no estoque, segundo esta mesma consulta bibliográfica, é o acondicionamento inadequado de materiais e equipamentos. Curioso ressaltar, quanto a este ponto sobre a perda por substituição que geralmente implica na utilização de material de valor ou desempenho superior ao especificado, ou melhor, devido à falha na leitura de projetos, no quesito material.

Na perda por superprodução teve-se o uso da quantidade maior que a necessária tendo por motivação a falta de conhecimento técnico, em orçamentos e/ou levantamentos de materiais, produtos ou serviços. No penúltimo item nomeado por perda por produto defeituoso fez-se referência a um conglomerado de fatores, sendo estes: falta de interação entre projeto e execução, não aplicação de treinamento da mão de obra e utilização de produtos ou equipamentos defeituosos, favorecendo o retrabalho, o qual induz ao descrédito da empresa quanto ao consumidor.

Em *Outros* as perdas foram elencadas como roubo, vandalismo, acidentes. Todas estas perdas, falhas, favoreceram analisar sobre a importância em aprimorar a qualidade antes, durante e verificada após a consolidação de serviços e obras.

5. QUALIDADE NA EXECUÇÃO DE SERVIÇOS

Sendo a terminologia "qualidade" apresentada na concepção da engenharia civil, segundo Longo (1996) como ato de "*descrever, chegar a obtenção e dar um nível aceitável de qualidade (qualidade total)*". Autores entenderam o termo "qualidade total" como algo subdividido em seis dimensões, dentre as quais destacou-se três: qualidade de atendimento, qualidade moral e qualidade de segurança.

A qualidade de atendimento estava bem mais associada a um fator subjetivo que físico, pois foi definida segundo o local, prazo e qualidade. Assim, demonstra grande importância na produção de bens de consumo e excelência na prestação de serviços. Similar a

este subitem a qualidade moral, essencial na produção de produtos e serviços de qualidade estava diretamente ligada aos funcionários da empresa, pois funcionários desmotivados, mal treinados e sem consciência da importância de seu papel para desenvolvimento do produto ou serviço comprometiam a qualidade a ser alcançada. Em relação a qualidade de segurança percebeu-se notória preocupação quanto à integridade física e mental dos funcionários, com o propósito de prevenir perdas por espera e custos adicionais por afastamento, isso referente à segurança interna; uma vez que quanto à segurança externa (clientes) evitavam-se impactos negativos dos serviços prestados pela empresa (LONGO, 1996).

Com vistas nestes esclarecimentos prévios sobre as particularidades do item qualidade é que verificou-se tendências que empresas tem em preocuparem-se em seguir e aplicar esses conceitos que as direcionassem a Gestão da Qualidade Total (GQT), o que, evidentemente permitiria melhor reorganização gerencial tendo pontos básicos: foco no cliente, trabalho em equipe em todos os níveis da empresa, decisões baseadas em dados e acontecimentos internos e a busca constante pela diminuição de erros e solução de problemas para melhoria do nível de excelência.

Para além destes pontos citados, Miguel (2005) acrescenta que a qualidade devia ser também aplicada em níveis gerenciais e administrativos para manter em evidência a hierarquia, a fim de percorrer toda a estrutura da pirâmide da empresa. O que favoreceria uma melhor eficiência e sucesso ao atingir os resultados. Gestão de Qualidade, então, compreendia para este estudioso um conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com relação à qualidade, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade.

A partir da reflexão dessas definições sobre gestão de qualidade entendeu-se a importância da padronização de qualidade para as empresas, fosse pela implantação de programas de qualidade ou praticando ações para diminuir a perda dos processos. Um bom gerenciamento da qualidade e boas práticas construtivas têm por resultado a evolução da qualidade de serviços e produtos e aumento da produtividade. Afinal, é através da padronização que as empresas da construção civil conseguem melhorar seus canteiros e, conseqüentemente dinamizam suas obras aproveitando melhor os materiais e recursos neste disponibilizados. Em conseqüência melhoram a segurança e a agilidade na execução de serviços. Mesmo que o entendimento sobre qualidade seja relevante para uma excelente prestação de serviços quando discorremos sobre execução de obras, é importante também conhecer sobre os procedimentos de execução de serviços na construção civil e as vantagens e desvantagens para aplicação deste nas execuções de obras.

6. VANTAGENS E DESVANTAGENS PARA APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO DE SERVIÇOS – PES: SUGESTÃO DE APLICAÇÃO

Não é possível saber quais vantagens ou não serão viáveis em uma obra quanto à aplicação do PES sem antes conhecer esta ferramenta. Por isto, considerou-se relevante discorrer brevemente este documento. Os PES's (Procedimentos de Execução de Serviços) têm como principal função, descrever a forma de se executar as principais atividades



existentes no processo de construção, afim de que todos os envolvidos no processo de construção tenham um melhor entendimento das atividades a serem executadas. Esses documentos podem ser elaborados na forma de textos, *check-list*, fotos ou desenhos (GEHBAUER, 2002).

Para que a implantação dessa ferramenta seja um sucesso, o gestor que pretende aplicá-lo deve preocupar-se em sempre verificar se os trabalhos estão sendo executados de acordo com o PES, em complementaridade de outra ferramenta, a AQE (Avaliação de Qualidade de Serviço). Esta geralmente é utilizada por meio de formulário que contém critérios a serem seguidos para recebimento da atividade a ser verificada, além de conter tolerâncias respaldadas por normas se houver.

Comumente as empresas têm como característica uma forte presença de mão de obra desqualificada, alta rotatividade de funcionários e serviços executados por terceirização de empreiteiras. Daí o motivo de os colaboradores da terceirizada terem pouco ou nenhum vínculo com a construtora executora do projeto. Fator que atrapalha a implantação dos Processos de Execução de Serviços (PES) e sua respectiva padronização.

Verifica-se então que os funcionários por trabalharem em maior número em obras de diversas empresas com diferentes sistemas de gestão da qualidade acabam por comprometer a excelência da execução na entrega final. Isto se dá especialmente devido às informalidades contratuais e consequentes “quebras” das leis trabalhistas. Para melhor compreensão deste fato ver:

As vantagens do contrato “a metro”, para o empregador, são muitas, e de vários tipos: i) redução dos custos trabalhistas, pois não se pagam encargos, tais como o décimo terceiro salário, férias, cesta básica, vale-transporte, e, sobretudo, os encargos relativos ao processo de demissão; ii) aumento da produtividade; iii) rapidez nos serviços, decorrente da transferência, para o trabalhador, da responsabilidade de ele mesmo construir seu salário, dispensando o controle relacionado à produtividade, muito comum entre os registrados. Ou seja, como o domínio sobre “o fazer” pertence aos trabalhadores, e a via autoritária não garante um controle eficaz da produção, esses “incentivos” se tornam, de fato, importantes; iv) ampliação da previsibilidade de custo, pois se pode orçar a obra antes de começá-la. (CORRÊA, 2011)

Existem construtoras que encontram dificuldade de implantar o sistema padronizado de qualidade também pelo fator de fazer uso do serviço tarefa, onde os operários recebem pela quantidade produzida e não pelas horas trabalhadas, fazendo com que o mesmo execute o serviço de forma mais rápida sem a preocupação devida com a qualidade a ser atingida. Já as empresas que conseguem e usam a padronização de seus Processos de Execução de Serviços (PES) atingem melhores resultados no mercado, conseguem reduzir os retrabalhos ganhando prazo em projetos, diminuem os custos sem perder a qualidade final do produto e têm maior agilidade na tomada de decisões.

VANTAGENS	DESvantagens
aumento da credibilidade da empresa frente ao mercado consumidor	tempo necessário para desenvolver o sistema
aumento da competitividade do produto ou serviço no mercado	custos para implementação e manutenção
abertura de novos mercados	inflexibilidade e burocracia
maior conformidade e atendimento às exigências dos clientes	dificuldade de implantação
melhor uso dos recursos existentes	dificuldade para criar e manter o entusiasmo dos funcionários com o sistema
aumento da lucratividade e melhores condições para acompanhar e controlar os processos	ressentimento que as mudanças requeridas causem em certos casos
	mudanças necessárias podem ser contrárias ou conflitantes com a cultura existente

X

Figura 2 – Vantagens e desvantagens resumidas
 Fonte: Fraga (2011)

Verificou-se que para a implementação de todo procedimento, existiam vantagens e desvantagens para a empresa ou gestor que pretendia utilizá-lo. Dentre as vantagens assinaladas, destacou-se o “aumento da lucratividade e melhores condições para acompanhar e controlar os processos”, o que interferiu diretamente no aumento da credibilidade da empresa no mercado de trabalho e crescimento corporativo da mesma. Por outro lado, as maiores desvantagens encontradas foram: “dificuldade para criar e manter o entusiasmo dos funcionários com o sistema” e “mudanças necessárias podem ser contrárias ou conflitantes com a cultura existente”.

A partir destas especificidades, para melhor compreensão da aplicação dos Procedimentos de Execução de Serviços, notou-se a importância em conhecer certas normas que alicerçaram a elaboração do PES, a saber a NBR 5675/1980 - Recebimento de Serviços de Obras de Engenharia e Arquitetura, em seu conteúdo, era mais documento processual que de normativas técnicas, fato este que implicou no seu cancelamento no ano de 2008 o CB-02 (Comitê Brasileiro de Construção Civil). Com o fim desta se perderam as instruções para a elaboração do Certificado de Conclusão e Recebimento Final, documento pelo qual o contratante declarava concluído, aprovado e aceito, o serviço ou obra executado pelo contratado e para a discriminação técnica. Com isso, se criou uma lacuna sobre a quem caberia a fiscalização, já que se perderam os parâmetros de fiscalização técnica, serviços e obras (IBAPE-SP, 2014).

Com a ausência de normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) que tratam de vistorias e recebimentos o IBAPE-SP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo) elaborou em maio de 2014 a “Norma para Procedimentos Técnicos de Entrega e Recebimento de Obras de Construção Civil”.

A norma elaborada pelo IBAPE-SP (Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo) descreve de forma geral, mas bastante clara, o escopo genérico do serviço, o que deve ser verificado, as aplicações da vistoria e a estruturação básica do Laudo Técnico resultante da vistoria. Além disto, determina que este serviço deva ser realizado por Engenheiro Civil ou Arquiteto e Urbanista devidamente credenciado em seu conselho de classe (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA ou Conselho de Arquitetura e Urbanismo – CAU, respectivamente) (JOSINO; BARROS NETO; FALCIONI, 2014).

A norma criada no ano de 2014, a saber, “Norma para Procedimentos Técnicos de

Entrega e Recebimento de Obras de Construção Civil”, como forma de substituição da NBR 5675/1980, teve por referências as seguintes normas e documentos para efetivação da sua criação: ABNT NBR 13752 Perícias de Engenharia na Construção Civil; ABNT NBR 5674 Manutenção de Edificações – Procedimento; ABNT NBR 15575 Edificações Habitacionais – Desempenho (Partes 1 a 6); ABNT NBR 14037 Manual de Uso, Operação e Manutenção das Edificações; Norma para Perícias de Engenharia do IBAPE/SP; Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do IBAPE/SP.

Segundo a Norma criada pelo IBAPE-SP, em 2014 junto às normas complementares descritas acima, as definições dos Procedimento de Execução de Serviço irão variar de acordo com a natureza do projeto. Além de o presente documento apontar os defeitos presentes durante a execução do serviço, algo que comprometerá significativamente o perfil de excelência, também pode ser utilizada para a perícia e vistoria posterior de obras e serviços, favorecendo a análise quando da questão de processos de qualidade.

Com vistas na necessidade da existência de normas para definição de padrões de qualidade não somente na construção civil, mas também em outros processos de produção e indústria foi criada a ISO (*International Standardization Organization*), uma organização não governamental que tem o intuito de unificar as normas industriais.

A ISO começou a funcionar em Genebra, Suíça desde ano de 1947, sendo criadas subsequentemente as normas da série 9000 ou ISO 9000, ambas de caráter internacionais, estabelecem critérios para avaliação de procedimentos de garantia de qualidade e gestão de qualidade em uma organização e/ou empresa.

As normas dessa série foram elaboradas para apoiar as empresas e/ou organizações de todos os tipos e tamanhos, na operação de sistemas de gestão de qualidade e sua implementação. Esta série é formada pelas normas: ISO 9000, ISO 9001 e ISO 9004. Correspondente a esta informação Fraga (2011) assegura que:

A família de normas ISO 9000 estabelece requisitos que auxiliam a melhoria dos processos internos, a maior capacitação dos colaboradores, o monitoramento do ambiente de trabalho, a verificação da satisfação do cliente, colaboradores e fornecedores, num processo contínuo de melhoria do sistema de gestão da qualidade aplicando-se a campos tão diversos como materiais, produtos, processos e serviços.

Uma vez compreendida a importância da criação de um documento que aferisse o nível de qualidade dos serviços prestados e/ou executados, é chegado o momento de apresentar a criação dos Procedimentos de Execução de Serviços – PES, cujo propósito implica na regulamentação destes mesmos serviços executados nas empresas, e segundo as especificidades exigidas por estas.

Quanto às orientações acima mencionadas, é fundamental ressaltar que não existe um documento de referência que estipule exatamente os parâmetros a serem seguidos para a elaboração de uma PES (Procedimento de Execução de Serviço), porém pela observação durante as execuções de obras e serviços, apontamentos quanto aos erros e acertos é possível elaborar documentos que garantam melhorias substanciais, especialmente na entrega final da obra que mitiguem insatisfações quanto ao corpo técnico responsável.

Contudo, ainda que tivessem sido notórias as observações nas execuções das obras e serviços ao longo de todas as etapas para elaboração dos PES's, segundo as consultas bibliográficas presentes nesta pesquisa, observou-se também que sempre há necessidade em ter um padrão para esta elaboração. Diante de toda esta discussão sobre a elaboração de Procedimentos de Execução de Serviços, observou-se uma sequência de etapas na elaboração destes documentos, as quais podem variar em alguns aspectos. Contudo, foi perceptível a precisão de um padrão a ser seguido.

Dentre alguns aspectos que podem variar destacaram-se: Implementação de um modelo fotográfico dentro do documento para melhor ilustrar os passos do serviço; e a inclusão de um *check-list* de segurança. Em relação ao primeiro aspecto, notou-se que nem sempre é incluído no documento PES por ser um elemento meramente ilustrativo na aplicação dos treinamentos. Já o segundo, nem sempre é incluso neste devido ao fato do setor de segurança do trabalho da empresa elaborar documentos específicos.

Por outro lado, observou-se, ao longo da pesquisa que, todo PES (Procedimento de Execução de Serviço) tem por obrigação conter certos itens indispensáveis à execução da tarefa, os quais são: *documentos de referência* - projetos arquitetônicos, detalhamentos e documentos que contenham especificações necessárias para a execução da atividade. Estas informações podem estar contidas em um item separado ou dentro da descrição das condições para início da atividade; *materiais, equipamentos e ferramentas* - todas as ferramentas, materiais e equipamentos necessários para a execução da tarefa podendo conter ainda informações de verificação da qualidade desses materiais, equipamentos e ferramentas; *modo executivo* - item mais importante de todos, pois demonstra através do embasamento de normas e estudos realizados o passo a passo para a execução da atividade; *proteção do Serviço* - geralmente adotado por empresas com o intuito de garantir possíveis prejuízos após o término da atividade e *Normas de Referência* - indica todas as fontes de pesquisa utilizadas para a elaboração do documento.

Todas estas etapas procedimentais esclarecidas de PES's, por fim evidenciaram que cada empresa deverá proceder na elaboração destas normas a partir do estudo de cada realidade da obra, considerando certos fatores como: empresa, quadro de funcionários, região, estado ou país, o que implica questões relacionadas ao tipo de clima e solo, a fim de que seja feita uma melhor abordagem. Por fim, concluímos que cada elaboração de PES's, na verdade é uma sugestão de aplicação de treinamentos às equipes, segundo o modelo aqui utilizado, exemplificado e sinalizado como eixo sugestivo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão de qualidade é um tema que chama muita atenção nas diversas áreas da indústria e comércio, sendo ela empregada na produção de produtos fixos ou móveis. A sociedade sempre primou pela melhoria da qualidade de vida e isto está direta e indiretamente ligada à qualidade de produtos.

Historicamente, a busca por padrões que aumentam o nível da qualidade dos produtos utilizados no dia a dia das pessoas é notória e inevitável. Por isso, ao longo dos anos foram feitos diversos estudos que mensuraram tais padrões para pontuar falhas e melho-

rar a produção de produtos e serviços. O trabalho acadêmico *Gestão de Qualidade: Revisão Bibliográfica sugestão de aplicação de Procedimentos de Execução de Serviços* teve por objetivo mostrar alguns destes estudos com o direcionamento para a engenharia civil e pontuar os padrões que podem ser úteis para uma quebra de cultura de desperdícios muito presente e comum em obras.

Foram estudados alguns tipos de perdas que em geral afetam a construção civil, partindo do pressuposto de que as perdas estão diretamente relacionadas à certa ausência da gestão de qualidade culturalmente presente na indústria da construção civil, que se percebeu a necessidade da melhoria de alguns aspectos no cotidiano das empresas do ramo.

Seguindo esta ideologia de melhoria dos processos, algumas empresas visando diminuir os impactos financeiros ocasionados pelas perdas oriundas das falhas nos processos de qualidade, buscaram criar documentos para melhorar os padrões dos processos de execução de serviços. Tendo como base para tais criações as NBR's e experimentações práticas, levando em consideração a realidade de cada serviço e região.

Por fim, verificou-se que a aplicação de treinamentos, com a utilização das ferramentas criadas (Procedimentos de Execução de Serviços) por empresas que visam melhorar a qualidade de produtos e serviços, tem resultados satisfatórios, no que diz respeito a rentabilidade financeira pela diminuição de perdas, além de terem crescente credibilidade no mercado pela excelência de seus produtos.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 5675: Recebimento de serviços de obras de Engenharia e Arquitetura**, 1980.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR ISO 9000: Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário**, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR ISO 9001: Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos**, 2008.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR ISO 10015 – Gestão da qualidade – Diretrizes para treinamento**, 2001.

AURÉLIO, B. DE H. F. **Dicionário Ilustrado da Língua Portuguesa**, 2008.

CORRÊA, T. **ISO 9000: um guia completo com tudo o que você precisa sobre essa certificação de qualidade com reconhecimento internacional**. Qualidade. 2021. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/qualidade/iso-9000/>. Acesso em: 18 maio 2022.

FORMOSO, C.T. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do Setor**. Apresentado ao Seminário Desperdício na Construção realizado no SINDUSCON/SP, São Paulo, 1996.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o planejamento e controle da produção em empresas construtoras. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C. T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Disponível em <<http://www.cpgec.ufrgs>

br/norie/indicadores/de%20cesare.pdf>. Acesso em: 18 maio 2022.

FRAGA, Samira Vitalino, **A Qualidade na Construção Civil: Uma Breve Revisão Bibliográfica do Tema e a Implementação da ISO 9001 em Construtoras de Belo Horizonte**. Belo Horizonte, UFMG, 2011.

GASPARETTO JUNIOR, A. Crise do Petróleo. 2013. Disponível em: <https://www.infoescola.com/economia/crise-do-petroleo/>. Acesso em: 18 maio 2022.

GEHBAUER, Fritz, **Planejamento e Gestão de Obras**. Curitiba-PR, 2002.

IBAPE-SP - INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. Norma para **Procedimentos Técnicos de Entrega e Recebimento de Obras de Construção Civil**. São Paulo, 2014.

JOSINO, J.P.; BARROS NETO, J; FALCIONI, M. **Avaliação de desempenho organizacional do PBQP-H como fator de redução de custos na construção civil**. In: V SIBRAGEC – Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Campinas, 2007.

LONGO, R.M.J. **Gestão da Qualidade: Evolução Histórica, Conceitos Básicos e Aplicação na Educação**. Brasília: IPEA, 1996.

MIGUEL, P. A. C. **Gestão da Qualidade: TQM e Modelos de Excelência**. Cap. 3, p. 86-87. In: CARVALHO, M. M. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

MOREIRA, Ricardo Silva. **Procedimentos Operacionais: Boas Práticas na Elaboração e Implantação em Obras**. / Ricardo Silva Moreira. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2014.

ROSSATO, I. F. **Uma metodologia para a análise e solução de problemas**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SOUZA, R; ABIKO, A. **Metodologia para desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno porte**. 1997. 52 p. Boletim Técnico (Departamento de Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, SP, 1997.

SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implementação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia de Construção Civil, EDUSP, São Paulo, 2004.A

SOUZA, R. **Qualidade no Setor da Construção. Gestão de Qualidade: Tópicos Avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. B

SOUZA, U.E.L. **Canteiro de obras**. São Paulo, EPUSP/ITQC, 1993. 30p.

SOUZA, R. et al. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obra**. São Paulo: Pini, 1996.

CAPÍTULO 17

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS PARA CONTRIBUIR COM SUSTENTABILIDADE EM OBRAS PÚBLICAS

*APPLICATION OF CONSTRUCTION TECHNOLOGIES TO CONTRIBUTE
TO SUSTAINABILITY IN PUBLIC WORKS*

Paula Kianne da Silva Lobo¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O desenvolvimento sustentável só será alcançado quando as instituições públicas o promoverem, dada a relevância e o porte das obras públicas. As entidades fiscalizadoras e de controle devem assumir a responsabilidade, junto com os administradores públicos, de liderar uma mudança em relação ao tratamento hoje dispensado ao meio ambiente, não apenas quanto à utilização racional dos recursos naturais disponíveis, mas também quanto à redução do impacto de resíduos da construção civil e adoção de soluções ecoeficiente. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi conhecer as principais técnicas construtivas sustentáveis que podem ser utilizadas para o melhor andamento de obras do setor público no país. Trata-se de uma revisão bibliográfica utilizando método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores *scientific electronic library online (scielo)*, revista eletrônica de engenharia civil, google acadêmico e scribd. Conclui-se o setor das obras públicas tem otimizado os produtos e serviços, procurando na redução de menos desperdício, a aplicação utilização racional de matéria-prima não desenvolvida e a reutilização de resíduos, possibilitando ao comprador várias opções.

Palavras-chave: Obras Públicas, Construção Civil, Sustentabilidade.

Abstract

Sustainable development will only be achieved when public institutions promote it, given the relevance and size of public works. Inspection and control entities must assume the responsibility, together with public administrators, of leading a change in relation to the treatment given to the environment today, not only regarding the rational use of available natural resources, but also regarding the reduction of the impact of construction waste and adoption of eco-efficient solutions. In this sense, the objective of the present work was to know the main sustainable construction techniques that can be used for the best progress of public sector works in the country. This is a literature review using a qualitative and descriptive method. The search was performed using the following search engines *scientific electronic library online (scielo)*, civil engineering electronic journal, academic google and scribd. It is concluded that the public works sector has optimized products and services, seeking to reduce less waste, the rational use of undeveloped raw material and the reuse of waste, allowing the buyer several options.

Keywords: Public Works, Civil Construction, Sustainability



1. INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento cada vez mais rápido da tecnologia, empresas de todo o mundo investem em inovações a fim de obter respostas para suas necessidades. Na construção civil, o uso das tecnologias é essencial para alcançar eficiência na produção e é aliada na redução de um dos maiores problemas da indústria construtiva: o desperdício.

A construção sustentável surgiu dessa finalidade das novas tecnologias torná-las mais eficiente, economicamente viáveis, com uma mão-de-obra sadia e que não agrida o meio ambiente. O uso de técnicas inovadoras em obras públicas ainda não é tão comum atualmente, e, com recursos naturais entrando em escassez, cabe, também, ao Governo a contribuição para uma edificação mais eficaz.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá abordar sobre a implantação de tecnologias construtivas em obras públicas que tem o propósito de reduzir esses gastos de forma decisiva, fazendo com que diminua os problemas ambientais e economize dinheiro para que seja utilizado em outras áreas mais necessitadas.

Nota-se que são muitas as vantagens que a sustentabilidade traz dentro da comunidade e é por esse motivo que a grande parte da população já é ciente da importância de cuidar e preservar o meio ambiente, seja nas mais variadas áreas de atuação profissional. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: Como o uso de tecnologias construtivas contribuem para a sustentabilidade em obras públicas?

O objetivo geral do presente estudo é conhecer as principais técnicas construtivas sustentáveis que podem ser utilizadas para o melhor andamento de obras do setor público no país. Além dos objetivos específicos que são conhecer novas técnicas de construção utilizadas atualmente e suas vantagens; estudar o desenvolvimento da sustentabilidade nas construções públicas e discutir a contribuição das tecnologias construtivas aplicadas em edificações sustentáveis custeadas PELO governo.

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 Civil, Google Acadêmico e CAPES. 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 2020. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.

2. CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL

A construção civil é encontrada em todo o mundo e, em geral, pode ter um impacto significativo no meio ambiente. Segundo Barreto *et al.*, (2010), o setor é o maior con-

sumidor de recursos naturais em todas as economias. O consumo de diferentes recursos varia de região para região, dependendo de fatores como a tecnologia utilizada e a quantidade de construção.

De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável estima-se que a construção civil normalmente represente entre 14% e 75% do consumo global de recursos naturais. Entre os recursos mais consumidos, a madeira é a que mais se destaca, com uma estimativa de 26% a 50% da extração mundial utilizada nesta indústria, enquanto os agregados de concreto (areia e brita) são consumidos apenas no Brasil com um consumo anual estimado de 210 milhões de toneladas (CBCS, 2019).

2.1 Construção civil

De acordo com Zambrano *et al.* (2017), um novo paradigma de desenvolvimento sustentável, aliado a duras críticas ao ambiente urbano das grandes cidades, tem levado os profissionais da construção civil a repensarem suas práticas e buscarem a melhoria da qualidade das construções.

Para Barreto *et al.* (2010) os modelos ocupacionais observados nas grandes cidades não contribuem para a criação de ambientes externos e internos agradáveis, mas exacerbam cenários desconfortáveis de ambientes urbanos, como ilhas de calor causadas pela densidade excessiva desses ambientes. A indústria da construção civil responde por grande parte da matriz energética de diversos países, e na produção de materiais de construção, é a principal consumidora dos recursos naturais do planeta.

Segundo Souza (2015), supõe-se que um metro quadrado de construção custará cerca de uma tonelada de material, exigindo muito cimento, areia, brita, etc. Os resíduos ainda são produzidos devido a perdas ou desperdícios neste processo; mesmo com a melhoria da qualidade do processo sempre haverá perdas.

Nesse âmbito gera resíduos de construção e demolição conhecidos como RCD ou entulho de construção. No Brasil, estima-se em 230 a 760 kg por habitante por ano, enquanto em alguns países europeus chega a 3.000 kg/pessoa/ano, o que é igual ou superior à massa de resíduos domésticos produzidos. A deposição irregular de RCD tem um impacto considerável na qualidade ambiental e nos custos municipais (SOUZA, 2015).

Na União Europeia, aproximadamente 40% dos resíduos gerados são provenientes da construção civil e 40% do consumo de energia é proveniente de edificações (DEGANI, 2013). No Brasil, a situação é semelhante – a indústria da construção se destaca pelo alto envolvimento em recursos naturais e consumo de energia – em 2006, os edifícios consumiam 44,7% da energia elétrica do país (FSC BRASIL, 2017).

Além da poluição sonora, a indústria da construção civil é uma das principais fontes de poluição atmosférica de material particulado respirável, gerado não apenas nas obras, mas também durante a extração e moagem de matérias-primas de cimento e cal. A fabricação de cimento e cal também é uma importante fonte de poluição, liberando grandes quantidades de dióxido de carbono na atmosfera. No Brasil, a produção de cimento res-

ponde por 6% a 8% das emissões de CO₂, contra a média mundial de 3%. Outro efeito é a mudança no ambiente natural que acompanha qualquer construção.

O Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) define arquitetura sustentável como “o processo holístico de restaurar e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar instituições que defendam a dignidade humana e incentivem a igualdade econômica” (CIB, 2012, pág. 8).

2.2 As construções sustentáveis no Brasil

No Brasil a ideia sobre construções sustentáveis tem chegado muito tarde. No primeiro Simpósio do CIB sobre construções e meio ambiente foi organizado pela Escola Politécnica da USP em meados de 2000. Esse encontro foi importante para trazer um alerta para as indústrias sobre a realidade e a necessidade de usar estratégias sobre a sustentabilidade no uso de materiais para a construção civil (AGOPYAN; JOHN, 2011).

Consentine e Borges (2016) destacam que foi na década de 1990 que no Brasil surgiram as medidas consistentes na busca por construções sustentáveis, com estudo que foram possíveis mesurarmos os processos de reciclagem, desperdício de materiais e energia, e chega à conclusão que na construção civil era necessário a mudança de estratégias para a economia mundial. Tal afirmação é uma prova de que não é preciso tanta tecnologia na construção sustentável, é possível alcançá-la gerindo bem os recursos e aproveitando o que é oferecido pelo local.

Por esse motivo há uma necessidade de uma relação harmoniosa entre a indústria e o consumidor, pois são necessárias mudanças culturais, de valores e de comportamentos sobre a sustentabilidade. Por isso são significativas mudanças tais quais: a felicidade atrelada ao usufruir ao invés do consumir; a valorização da durabilidade do produto em detrimento da moda instantânea; e, a adoção do transporte público ou mesmo o não transporte (NASCIMENTO, 2012).

E para que isso seja possível é necessário destacar a importância dos métodos de certificação de acordo com as agências dos países de origem mesmo que não possam lidar com problemas ambientais graves. Embora a construção sustentável seja tema amplamente discutido no meio acadêmico e entre lideranças empresariais, seus princípios ainda não são colocados em prática, talvez pela posição de retaguarda de órgãos governamentais líderes devido ao poder de compra (AGOPYAN; JOHN, 2011)

2.3 Certificações

Um dos sistemas de avaliação de sustentabilidade de edificações mais populares é o sistema norte-americano LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), desenvolvido e introduzido em 1996 (SILVA, 2013). Embora a maioria das abordagens existentes se concentre nos aspectos arquitetônicos e técnicos de um negócio, é importante

integrar conceitos de gestão ambiental como forma de garantir o alcance mais amplo da certificação LEED-NC (Nova Construção) do Brasil, demonstrando a qualidade e as limitações desse sistema implementação.

No Brasil, a certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) baseada no conceito francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*) também aborda essa estratégia. Trata-se de uma certificação ambiental para empreendimentos imobiliários, lançada em abril de 2008, e contempla dois referenciais: SGE (Sistema de Gestão Empresarial) e QAE (Qualidade Ambiental Empresarial). Essas referências visam contemplar todas as dimensões relevantes da gestão (ambiental, qualidade e outras) nas três etapas do empreendimento – planejamento, concepção e realização (FERREIRA et al., 2017).

A incorporação os conceitos de gestão ambiental contemplados nas referências da certificação ISO 14001 e SGE AQUA com as características de projeto e produção presentes no LEED ajuda a contribuir de forma mais efetiva na busca pelo melhor desempenho ambiental das edificações civis (NEVES et al., 2017).

A ISO 14001 é uma certificação para empresas segundo a norma NBR ISO 14001 (2014), que especifica os requisitos para a instalação e construção de um sistema de gestão ambiental (SGA) integrado a uma organização, a fim de poder desenvolvê-lo e implementá-lo. levando em consideração fatores ambientais importantes e a política solicitada pelas leis relevantes. A principal diferença entre ele e o sistema LEED é que ele não se aplica a um único negócio, mas a todos os negócios realizados por uma empresa, com foco em como a gestão ambiental é realizada em toda a organização (NEVES et al., 2017).

O AQUA pretende certificar os negócios de forma holística, não apenas em termos de projeto, construção e comissionamento, mas também em gestão ambiental. O sistema é baseado em dois referenciais, a saber, SGE (Sistema de Administração de Empresas) e QAE (Qualidade do Ambiente Empresarial). O QAE aproxima-se da configuração proposta pelo LEED e contempla a análise de 14 categorias divididas em quatro grupos: construção ecológica, gestão (incluindo as categorias de manutenção e persistência de desempenho ambiental), conforto e saúde (FERREIRA et. al., 2017).

2.4 Gerenciamento e planejamento

De acordo com o Centro de Integração Cidadã, incorporar práticas sustentáveis nas edificações é uma tendência crescente no mercado. Sua adoção é um 'ponto sem volta', pois diversos agentes – como governos, consumidores, investidores e associações – alertam, estimulam e obrigam a construção civil a incorporar essas práticas em suas atividades (CIC, 2018).

Para Martins *et al.* (2010) o setor da construção precisa estar cada vez mais envolvido. As empresas devem mudar a forma como produzem e gerenciam seu trabalho. Devem desenvolver uma agenda que introduza gradativamente a sustentabilidade, buscando soluções economicamente relevantes e viáveis para o negócio em cada trabalho.

O conceito de construção sustentável deve perpassar todo o ciclo de vida do negó-

cio, desde a concepção até a recertificação, desconstrução ou demolição. É necessário detalhar o que pode ser feito em cada etapa da obra, mostrando os aspectos e impactos ambientais e como esses projetos devem ser tratados para se avançar para um negócio: uma ideia sustentável, uma implementação sustentável e uma habitação sustentável (CIC, 2018).

Segundo Bastos (2017), a sustentabilidade das edificações vem sendo estudada desde a década de 1990. Definição de diretrizes para projetos de "Alta Qualidade Ambiental" para novas edificações e metodologia para "Avaliação do Desempenho Ambiental das Edificações". Estudos têm sido realizados com o objetivo de construir edifícios com melhores efeitos ambientais, respeitando os requisitos de viabilidade social e econômica.

Arquitetos, engenheiros e gestores do processo de projeto enfrentam atualmente novos desafios ao lidar com o tema da arquitetura sustentável. Além dos aspectos tradicionais que passaram a fazer parte do processo de projeto do edifício, todo um novo conjunto de variáveis ambientais, sociais e econômicas agora precisa ser considerado desde a fase de pré-programação. Até então, o papel de cada agente físico externo na edificação era tratado de forma estanque no projeto. Por exemplo, a iluminação natural do edifício é verificada separadamente da carga de calor solar de cada parte do edifício (NEVES *et al.*, 2017).

2.5 Considerações sobre responsabilidade social

De acordo com Zandemonigne *et al.* (2010), ao perceber a responsabilidade social como forma de conservar recursos e reduzir o impacto ambiental, é necessário aplicar uma visão holística à habitação, não apenas em termos de equipamentos agregados às edificações, mas também em termos de sistemas construtivos, o uso de materiais e mudanças comportamentais que permitem a integração entre usuário e tecnologia para maximizar os resultados alcançados.

Para que uma casa seja apontada socialmente responsável, não basta apenas vincular equipamentos técnicos. É preciso ter um amplo conhecimento do processo construtivo, desde a elaboração do projeto de construção (tendo também em conta as questões de acessibilidade) à seleção dos materiais, à definição do processo construtivo, à preparação e gestão do canteiro de obras e todas as etapas que levarão ao produto final, ou seja, a construção (JONH, 2012).

3. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NAS INTITUIÇÕES PÚBLICAS

As empresas são consideradas agentes essenciais no desenvolvimento de produtos e serviços para atender às necessidades dos consumidores e são responsáveis por todo o ciclo de vida de um produto, desde a produção até a destinação correta e garantida dos resíduos. As organizações são, portanto, obrigadas a dar a devida atenção às questões ambientais no desenvolvimento de produtos e serviços para que proponham tecnolo-

gias limpas com novos padrões de produção, incluindo indicadores ambientais em seus indicadores de desempenho. Todos esses aspectos devem fazer parte de sua estrutura organizacional para manter as políticas ambientais em busca da sustentabilidade (MAZZAROTTO, 2013).

No ambiente empresarial, as organizações buscam uma imagem ambientalmente correta, considerando que, ao tomar decisões estratégicas alinhadas às políticas ambientais e ecológicas, podem obter uma vantagem competitiva significativa. Portanto, a necessidade de manter a diversidade e a estabilidade do meio ambiente, bem como o controle dos recursos naturais na perspectiva da sustentabilidade, tornou-se essencial para as empresas industriais (BARBIERI, 2016).

Nesse sentido, as empresas passam a trabalhar e adaptar seus processos para reduzir seu impacto negativo no meio ambiente. Esses esforços incluem o surgimento de diversas ferramentas de gestão para controlar as emissões de resíduos e os impactos ambientais, equilibrando o crescimento econômico e a proteção ambiental por meio do desenvolvimento sustentável (TACHIZAWA, 2019).

3.1 Construções públicas

Segundo o Tribunal de Contas de União (TCU) (2014) obras públicas esta conceituada como toda e qualquer construção, reforma, fabricação, recuperação ou algum tipo de ampliação de bem públicos. Isso pode acontecer de forma direta (quando os próprios órgãos assumem pelas obras) ou as obras podem ser contratadas por licitações (obras contratadas por terceiros). Para que esse último aconteça é necessário adotar regimes de contratação tais quais:

- Empreitada por preço global: quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo e total;
- Empreitada por preço unitário: quando se contrata a execução da obra ou do serviço por preço certo de unidades determinadas;
- Tarefa: quando se ajusta mão-de-obra para pequenos trabalhos por preço certo, com ou sem fornecimento de materiais;
- Empreitada integral: quando se contrata um empreendimento em sua integralidade, compreendendo todas as etapas das obras, serviços e instalações necessárias.

Independente se a obra for direta ou por licitação devem ser levados em consideração alguns critérios. Após a criação do projeto da construção a ser realizada, se deve observar a regularização da obra por licenciamento ambiental conforme a resolução conforme dispõem as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 001/1986 e nº 237/1997 e da Lei nº 6.938/1981. Esse documento visa um Estudo do Impacto Ambiental (EIA) e a Implementação do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) como parte importante do projeto (TRIBUNAL DE CONTAS DE UNIÃO, 2014).

De acordo com Silva (2003) as dimensões da sustentabilidade expressas no TBL podem ser entendidas como:

- a) Economia: A dimensão econômica do Tripé da Sustentabilidade prevê que as organizações devem ser economicamente viáveis, competitivas e inovadoras no longo prazo. Portanto, as organizações precisam ser lucrativas para poderem se sustentar no longo prazo;
- b) Meio Ambiente: Em relação à dimensão ambiental, os autores explicam através do conceito de ecoeficiência, ou seja, a sociedade atende às suas necessidades obtendo qualidade de vida e reduzindo o impacto ambiental ao se esforçar para não poluir nenhum ambiente natural.
- c) Sociedade: A dimensão social do *triple bottom line* entende que as empresas que pretendem alcançar o desenvolvimento sustentável precisam estar tão preocupadas com a sociedade que as cerca quanto seus colaboradores, proporcionando melhores condições de trabalho, capacitação e um ambiente que promova a responsabilidade social e a educação ação com a sociedade.

Uma empresa para ser considerada sustentável deve ser economicamente eficiente desde que obedeça à capacidade de carga do meio ambiente e seja um mecanismo de justiça social que promova a proteção das minorias e a inclusão social, entre outras coisas. Portanto, atender à dimensão da sustentabilidade requer um esforço maior das empresas para alinhar o TBL ao planejamento estratégico da organização (BARBIERI et al., 2010).

Construção sustentável é considerada como um novo conceito que surgiu dentro da engenharia civil, que tem como objetivo tornar as construções mais ecológicas com intuito de torna-las mais baratas. Das atividades humanas que mais causam impactos ambientais é a construção civil (TEIXEIRA, 2018).

O termo arquitetura sustentável é entendido como a aplicação da sustentabilidade às atividades de construção, definida como a responsabilidade pela criação e gestão de um ambiente construído com base em princípios ecológicos e uso eficiente de recursos (ARAUJO et al., 2016).

A necessidade de sustentabilidade na construção civil tornou-se um grande desafio em todo o mundo, especialmente para um país como o Brasil, que ainda passa por um processo evolutivo de urbanização ao mesmo tempo em que desafia um enorme déficit habitacional causado pela desigualdade. Nesse contexto, construções sustentáveis são essenciais para garantir o equilíbrio entre proteção ambiental e crescimento econômico (DIAS, 2017).

Motta (2009) confirma que a construção sustentável deve estar comprometida com o desenvolvimento sustentável, de modo que seus conceitos e práticas são frequentemente associados e devem responder às ações e objetivos previstos nos instrumentos de decisão do desenvolvimento sustentável. Portanto, o desenvolvimento sustentável é impossível sem construção sustentável.

De acordo com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) (2019), Os

consumidores buscam fatores relacionados à sustentabilidade na construção, como: durabilidade dos materiais usados durante a construção, monitoramento do desempenho da construção, eficiência energética, captação de água da chuva e materiais e processos que reduzem o uso de recursos, incluindo Ajudar a manter a biodiversidade e reduzir seu impacto no meio ambiente.

O projeto de novas edificações tem dado mais atenção aos aspectos sustentáveis, incluindo normas técnicas e certificação internacional daquelas consideradas ecológicas (OLIVEIRA, 2011).

Nesse sentido, as principais medidas de proteção ao meio ambiente têm sido implementadas nos projetos dos futuros edifícios, o que não acontecia com a maioria dos edifícios até então, por terem sido concebidos sem considerar projetos orientados para a sustentabilidade ou outras medidas de oferta de maior proteção. do meio ambiente, por isso é relevante incluir esses fatores em planos de manutenção melhorados (MANHÃES; ARAÚJO, 2014).

Para Dias (2017), a arquitetura sustentável busca equilibrar os desafios de seu significativo impacto ambiental com aspectos econômicos e sociais positivos. Um equilíbrio das duas variáveis acima pode ser alcançado quando as organizações reduzem o impacto ambiental e humano dos edifícios e os alinham com massa, resistência e longevidade, sem esquecer o aspecto estético.

Este novo paradigma de construção sustentável é necessário para criar um conjunto de procedimentos e regras construtivas baseadas em normas e princípios relacionados ao desenvolvimento sustentável.

3.2 Práticas sustentáveis na construção civil

A arquitetura civil é a principal responsável pela mudança da paisagem natural, pois fornece toda a infraestrutura para o desenvolvimento das atividades humanas (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENÁVEL, 2014).

Com base nisso, essas edificações podem seguir práticas que reduzam seu impacto ambiental. A Figura 1 mostra as práticas sustentáveis na construção civil com o objetivo de conservar e conservar os recursos naturais.

Práticas sustentáveis	Gestão de obras: Consiste na análise da obra como um todo, com foco na sua função social e objetivo. E a partir daí visar para a construção o menor impacto ambiental, como exemplo o telhado verde, blocos de pedra e tijolos de terra;
	Aproveitamento de recursos naturais: Visa usufruir da melhor forma os recursos naturais disponíveis, com a sazonalidade no clima, disposição da obra no terreno, iluminação natural, a captação da água, tintas sem solventes, criar poços artesanais determinar espaços específicos para coleta seletiva de lixo, entre outros;
	Eficiência energética: Baseia-se na economia de energia, racionalizar as fontes renováveis de energia, como a eólica e a solar, dispositivos para conservação de energia;
	Gestão e economia de água: Visa à utilização de sistemas para reduzir o consumo de água, como reuso e recirculação da água utilizada e o aproveitamento da água da chuva;
	Gestão de resíduos gerados pelo usuário: Consiste na separação do lixo reciclável;
	Qualidade do ar e do ambiente interior: Apesar de variar quanto ao seu contexto local, visa à criação de um ambiente saudável, respirante, isento de poluentes;
	Conforto termo acústico: Buscando o corte de gastos, é o isolamento acústico, quando necessário utilizando soluções de tecnologias eco inteligentes para regular a temperatura e a intensidade do som;
	Tecnologias e soluções sustentáveis em todas as etapas da obra: Consiste basicamente no planejamento da obra, como o não uso ou redução no uso de materiais condenados – como o PVC, o amianto, o chumbo, o alumínio, entre outros;
	Adequação as certificações ambientais: Consiste para evidenciar a existência de um sistema de gestão;
	Atendimento a legislação ambiental: Visa atender a regulamentação ambiental
	Educação ambiental de funcionários e sociedade: Visa à integração da empresa com a comunidade local;
	Armazenamento adequado de resíduos: visa o armazenamento correto de produtos perigosos;
	Projetos flexíveis: Construções que possam ser readequados e adaptados para diferentes usos ao longo do tempo, reduzindo as demolições.

Figura 1: Práticas sustentáveis na construção civil
 Fonte: Aligleri, Aligleri e Kruglianskas (2009)

Os impactos das obras civis estão relacionados principalmente ao consumo de recursos naturais e energia e à geração de resíduos. Tanto que as discussões sobre o significado da arquitetura contribuem para práticas e soluções sustentáveis para reduzir o consumo de recursos naturais, energia e geração de resíduos, elevando assim o nível de conscientização social sobre o tema (BARBIERI et al., 2019).

Vale ressaltar que o setor de construção é importante para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos por qualquer país. Como os edifícios e a engenharia civil alteram significativamente o meio ambiente, a construção civil representa a atividade humana de maior impacto ambiental (MOTTA, 2009).

Observou-se que a contribuição para o projeto de edificações com menor consumo de energia, recursos naturais, resíduos e geração de resíduos veio primeiramente das discussões sobre este tema. Estratégias podem ser desenvolvidas e aplicadas para desenvolver e abordar questões e impactos decorrentes das atividades de construção, resultando em soluções sustentáveis que mitiguem coletivamente os danos ao meio ambiente (OLIVEIRA, 2011). A Figura 2 destaca os benefícios e vantagens da construção sustentável:

Benefícios e vantagens da construção sustentável	A redução de gastos energéticos com iluminação e climatização;
	Redução do uso de matéria prima de custo elevado;
	Maior produtividade dos trabalhadores na construção;
	Imóveis com ambientes mais agradáveis e atraentes;
	Maior valor de mercado para o imóvel construído;
	Estruturas com mais resistência à deterioração;
	Menor custo de manutenção;
	Redução do impacto no meio ambiente por meio da classificação das sobras, para o descarte adequado.
	Compromisso e engajamento para adequação as normas, buscando cessar ou minimizar as agressões ao meio ambiente;
	Gera atitudes e ações de responsabilidade social aos usuários internos e externos, evidenciando a confiabilidade;
	Construção e operação de tanques sépticos, caso não existir rede de esgoto.

Figura 2: Benefícios e vantagens da construção sustentável
 Fonte: Aligleri, Aligleri e Kruglianskas (2009)

A partir da figura 2 é possível perceber que a contribuição vai além das questões econômicas e sociais. Evidentemente, a sustentabilidade na construção civil é a forma de preservar o meio ambiente.

4. TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS APLICADAS EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS PÚBLICAS

4.1 Materiais para reabilitação sustentável

A construção civil é uma atividade importante não só no campo econômico, mas também no campo social, pois contribui para o desenvolvimento do país (LARUCCIA, 2014). O departamento é responsável por uma ampla gama de movimentos socioeconômicos, seja criando empregos ou vendendo materiais, além de construir, reformar, vender e alugar imóveis.

No entanto, é um setor que impacta o meio ambiente em todas as etapas da cadeia produtiva. E, depois que um negócio é construído, o ambiente construído continua a impactar o meio ambiente, e os recursos – água, eletricidade, etc. – são usados por humanos. Para o desenvolvimento sustentável e para focar nas necessidades das gerações futuras, é importante proteger os recursos desde o desenvolvimento sustentável até o consumo sustentável (MOTTA, 2009).

Concluída a construção, cria-se o ambiente construído, que continuará a ter impactos ambientais negativos, como geração de resíduos, alto consumo de energia e água, que podem ser minimizados com a aplicação das tecnologias e programas corretos e eficientes disponíveis. Mercados (LARUCCIA, 2014, p. 78)

Silva (2003) diz que para que um projeto seja sustentável, é importante identificar os impactos que surgem e propor soluções para minimizá-los ou evitá-los, a fim de tornar o meio ambiente sustentável. Além disso, a engenharia traz avanços tecnológicos, tecnologias e equipamentos que possibilitam ambientes ecologicamente corretos.

Como exemplos desses desenvolvimentos pode-se citar o uso da energia solar para iluminação ambiente e aquecimento de água, que é uma fonte de energia limpa e renovável, e a captação de água da chuva para uso onde não é necessário beber, como drenagem, irrigação, etc. para conservar a água, recursos limitados. A implantação de um programa de redução e reciclagem nas obras reduz a quantidade de resíduos gerados pela construção civil e é uma ação voltada para o desenvolvimento sustentável (DIAS, 2017).

Qualharini (2017) afirma que a restauração permite espaços mais eficientes e saudáveis, o que também significa economia de custos de energia, evitando grandes quantidades de resíduos descartados e também evitando o consumo de novos materiais necessários para construir novas estruturas, permite utilizar equipamentos mais eficientes para sistemas de água, energia e duráveis.

Além disso, materiais com menor impacto ambiental (ao longo de todo o seu ciclo de

vida) devem ser priorizados na restauração sustentável. Para tal seleção, é importante observar aspectos como: a vida útil dos materiais utilizados; os riscos ambientais no local onde o material é produzido ou utilizado, as condições dos trabalhadores na produção do material, os danos ao meio ambiente desde a produção do material, a disponibilidade de recursos naturais, a quantidade de CO₂ liberada durante a produção, distância de transporte da produção até o ponto de uso, possibilidade de reutilização ou reciclagem, propriedades dos materiais para minimizar o uso de eletricidade, água ou gás e possibilidade de manutenção futura (JULIÃO, 2015) .

Como exemplo de materiais com baixo impacto ambiental pode se citar (LARUCCIA, 2014):

- a) Eco-Cimento - O cimento CPIII é um cimento que emite uma pequena quantidade de CO₂ durante o processo de fabricação, pois substitui o clínquer (principal produtor de gás CO₂) por escória de aciaria, tornando-se uma opção mais ecológica, pois minimiza as emissões de gases são eliminados e a escória é reutilizada.
- b) Eco-tijolos - O processo de fabricação é diferente dos tijolos tradicionais. Os tijolos tradicionais exigem a queima de carvão, o que cria poluentes na atmosfera. São feitos de solo compactado, cimento e água e possuem alta resistência mecânica. Além de não exigir queima, esse tipo de tijolo também economiza argamassa, pois geralmente são auto-instaláveis.
- c) Pavimento Eco-Pneu - Esta é outra opção, o reaproveitamento de pneus em pavimento urbano. O pó de borracha feito de pneus descartados é misturado ao asfalto, o que melhora as propriedades e o desempenho.

Além da escolha de materiais com baixo impacto ambiental, a inovação tecnológica e o uso de equipamentos sustentáveis também facilitam as intervenções de reabilitação. Arena (2016, p. 1) relata que “cada vez mais máquinas são fabricadas com materiais que atendem às normas ambientais e de segurança, e suas locações acompanham essa realidade”.

A locação de equipamentos sustentáveis tem menor impacto ambiental e foca em resultados econômicos positivos a curto, médio e longo prazo, e ainda visa alcançar a sustentabilidade em seu destino final, ou seja, quando os equipamentos param de funcionar (FERRAREZI, 2016).

Como exemplo de prática sustentável, além da não utilização da madeira, que é um recurso limitado, são utilizadas fôrmas e suportes metálicos para trabalhar com segurança e flexibilidade.

Além disso, a reabilitação sustentável é viabilizada com equipamentos que otimizam o trabalho ambientalmente responsável. Ferrarezi (2016) aponta alguns desses dispositivos:

- a) Injetor de argamassa - Além da rapidez de execução do revestimento, também minimiza o desperdício de argamassa.

- b) Cortador de parede - por permitir cortes mais precisos, minimiza a geração de resíduos e desperdícios e reduz o tempo de execução;
- c) Equipamento de pintura - pode ser utilizado para aplicar massa e tinta, consumir menos material e obter melhor acabamento, além de reduzir a quantidade de água na área de limpeza;
- d) Lavadoras de alta pressão - Economize água na limpeza de pisos e paredes a serem recicladas.

4.2 Tecnologias sustentáveis

De acordo com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (2000) o desenvolvimento ambiental saudável é um tipo de tecnologia de procedimentos e produtos que reproduz pouco e sem substratos para preservação o meio ambiente, pois esse avanço tecnológico protege de maneira sustentável, são menos poluidores, reaproveitam mais seus produtos e cuidam dos resíduos residenciais de forma mais agradável.

Perim (2014) esclarece que a aplicação conveniente da iluminação diária possibilita uma justa colocação na elevação no chão, minimizando o custo de iluminações e possibilitando um ecossistema interno salubre. Um bom planejamento de iluminação natural e tira proveito e intervém a luz a disposição, potencializando seus proveitos e diminuindo seus infortúnios. A energia solar é abundante em aproximadamente todo o território brasileiro, pois consegue converter modo direto e modificada em energias térmica e elétrica. A energia solar com o aquecimento de água tem se apresentado de maneira que uma solução técnica contém também a existência de uma fonte limpa e limitada.

Racine et al., (2007) explica que o esquentamento da água do banho é cumprido por 6% da despesa da energia elétrica no Brasil. Uma possibilidade para a atenuação do custo é a circulação dos sistemas de aquecimento de água com a utilização da energia solar (RACINE et al., 2007).

O Sistema cria principalmente do coletor solar um reservatório, ou rede de distribuição de água quente e um sistema para amparar (chuveiro elétrico). Para que o sistema atue de maneira apática, o método mais utilizado em conjunto habitacional o coletor solar precisa ser colocado em grau inferiormente do reservatório. A água quente que passa pelo coletor, devido a minimização da sua densidade, vai em direção ao reservatório. À proporção que o mesmo vai se despejando, a água do sistema é prontamente posicionada em mobilidade (PERIM, 2014).

A energia solar também pode ser elaborada em energia elétrica por meio das células solares dos painéis fotovoltaicos. Essa mudança acontece de forma sossegada, sem emissão de gases, estando inutilmente a ajuda de operador para o sistema exclusivamente os fótons, a componente luminosa da energia solar, são essenciais para a conversão fotovoltaica (PERIM, 2014).



4.2.1 Ventilação

A comodidade térmica da edificação se depara profundamente com a iluminação e a ventilação, encontrando-se afetado de maneira direta pela disposição formal do projeto e pela colocação no terreno. A importância do projeto com ligação ao clima e seus ingredientes implica no uso excessivo de equipamentos para controle de temperatura e luz (MONTEIRO, 2006).

A ventilação dos ambientes suaviza o clima nos meses quentes, abastece mudanças de ar absolutamente para a higienização e a purificação, afirmando a qualidade do ar interno. As circunstâncias de ventilação no interior das edificações repetem na saúde, bem-estar e no conforto dos usuários (KEELER; BURKE, 2010).

A ventilação natural depende de conceitos básicos, como a desigualdade de coerção e de temperatura entre o ar interno e o ar externo (MONTEIRO, 2006). Para que usufruam dos resultados da ventilação cruzada, as aberturas têm necessidade estar posicionadas de forma a entender os ventos atuantes e em paredes diferentes dos ambientes, atuando a caminho do vento pelo cômodo. A dimensão das aberturas, a seu aspecto e colocação sugerem a ligeireza e a direção do vento dentro do edifício (LENGEN, 2008).

Como o ar quente visa a se ajuntar nas partes altas da edificação, a retirada deste ar pode criar um fluxo de ar ascendente concebido por aberturas em diferentes níveis (LAMBERTS, 2001). Este efeito, conhecido como consequência chaminé, pode ser aceso com o uso de diversos dispositivos como lanternins, aberturas zenitais, aberturas no telhado e exaustores eólicos.

4.2.2 Telhado verde

Em geral, o telhado verde é colocado em lajes impermeabilizadas, estruturas metálicas e peças de concreto. Encontram-se vários modelos de sistemas no negócio, colocando estruturas de cavidade, sistemas de aplicação de água ligados as medidas, pranchas de madeira, lona e outros materiais. A escolha da vegetação a ser plantada está diretamente referente com a alteração do telhado e deve apreciar fatores como clima, insolação e crescimento das raízes. O telhado verde melhora as temperaturas no interior da edificação, coopera para atenuação da onda de calor dos centros urbanos, melhora a qualidade do ar, integra valor estético à edificação, aumentando as áreas verdes e a biodiversidade nas cidades (PERIM, 2014).

Segundo Baldessar (2012), a aplicação deste tipo de cobertura colabora para a absorvência das águas pluviais, deste modo para a atenuação da velocidade e do volume de água escoado para as galerias. Assim, a técnica poderia amenizar os resultados realizados pelas enchentes em regiões com altas taxas de impermeabilização do solo.

4.2.3 Uso racional da água

A água pode ser vista com o elemento mais significativo para o progresso suportável, sendo primordial para a sobrevivência das mais variáveis formas de vida no planeta. Dentre os resultados técnicos aptos de afirmar a utilização ativo deste recurso natural, citam-se as seguintes: bacias sanitárias com volume de água diminuindo; Dispositivos economizadores para torneiras, pias e lavatórios; Sistemas de reuso de água; aproveitamento de águas pluviais (PERIM, 2014).

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), a compreensão das águas pluviais é concedida para práticas não potáveis, tais como lavagem de roupas, tanques, torneiras externas, descargas em vasos sanitários e rega de jardins. Com um conjunto de habilitação de água de chuva, é provável diminuir o custo de água potável na urbanização e a procura da rede pública de abastecimento (OLIVEIRA et al., 2007).

A respeito de promitente, tanto pela clareza como pelo potencial econômico, Filho et al. (2012) acautelam sobre a necessidade de manutenção contínuo, para que a competência de acumulação não seja perdida. Para uma boa execução do sistema, é necessário encontrar alguns fatores, como a propriedade de água da chuva, a área de contribuição (área do telhado e calhas), o certo enquadramento do sistema e a alteração periódica para limpeza e reparos.

Tal como para as águas de reuso, as torneiras abastecidas com estas águas deverão ser apontadas e ter algum tipo de trava que impeça seu uso errado por crianças. O mercado da construção mostra peças avançadas para proporcionar o sistema de captação de água de chuva nas urbanizações. Encontram-se kits compreendendo de coletor de separador de folhas, desagregador de fluxo (para apagar as primeiras águas que levam a sujeira e a poeira do telhado) e para a suspensão do restante de água. Os apetrechos do reservatório devem antever entrada para conversão da água, que constitui se na utilização de cloro orgânico (PERIM, 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o conhecimento na busca da pesquisa a respeito da construção sustentável, verificou-se que esta é uma predisposição global. O setor de construção pública tem otimizado os produtos e serviços, procurando na redução de menos desperdício, a aplicação utilização racional de matéria-prima não desenvolvida e a reutilização de resíduos, possibilitando ao comprador várias opções.

Os procedimentos de declaração ambiental ainda não se estabeleceram como processos de rotinas no setor da construção brasileira. No entanto, como o desenvolvimento sustentável na construção se resolve num instante de conversa na sociedade, tais sistemas obtêm mais possibilidade e respeito.

Nesse sentido apresentou-se os materiais sustentáveis e sua utilização onde é atuada por uns diversos fatores, pois há uma variante de gastos que confrontados ao conjunto de sistemas tradicionais argumentam nesse fato de resolução, contudo, quer seja

necessário que o responsável da construção queira alcançar e qual é sua importância no sistema sustentável se é ambiental ou econômico.

Quando o interesse é econômico a escolha por modelos que diminuam os seus custos com energia e uso de água, ou por material de qualidade. O desenvolvimento sustentável nessas situações não se caracteriza por gasto elevado, com um comparativo do custo e benefício visando a situação da sustentabilidade.

Dessa maneira, a atividade da construção civil em obras públicas vem se encaixando de acordo com a finalidade de planejar um local mais sustentável, incluindo alguns avanços tecnológico sustentáveis nos projetos arquitetônicos e essas sugestões de substituição de matérias e métodos convencionais por tecnologias novas. Engloba a aplicação de incitação fiscal que pode ser um procedimento vantajoso para a sucessiva maneira convencional do procedimento.

Diante dos acontecimentos, faz-se provável pensar em um planejamento social que seja provável de agrupar qualificação de mão de obra, criação de material sustentável e contribuição prática para os projetos. Assim, os novos moradores colaborariam de maneira centrada no procedimento de construção das suas moradias acrescentando particularidade, perfeição e segurança. Um programa sustentável social se evidencia de maneira disciplinada perante um campo ausente de recursos e diante de uma problemática social de altas proporções.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996. 14p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 12p.
- AGOPYAN, V; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Org. José Goldemberg. São Paulo: Bucher, 2011.
- ALIGLERI, Lilian; ALIGLERI, Luiz Antônio; KRUGLIANSKAS, Isak. **Gestão socioambiental: responsabilidades e sustentabilidade do negócio**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- ARENA, J.M. **Sistema de apoio à decisão na reabilitação de construções**. In: Construção 2001, pp. 281-288, Lisboa, dezembro 2001.
- BARRETO, G. J. M.; CARNEIRO, C. A. G. V.; QUELHAS, O. L. G.; FISCHER, R. C. A. **A qualidade ambiental como diferencial competitivo em empresas da construção civil**. In: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2010, Canela.8p.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos Modelos e Instrumentos**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- BARBIERI, J. C. *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 146-154, jun./2010.
- BASTOS, L. **A abordagem da sustentabilidade no projeto arquitetônico**. "IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído". Ouro Preto, 2017.
- BALDESSAR, S. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**.

2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- CARDOSO, F. F.; DEGANI, C. M. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: A importância da etapa de projeto arquitetônico**. NUTAU, 2002. p. 1347 – 1357. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012
- CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Condutas de Sustentabilidade**. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/condutas-de-sustentabilidade/show.asp?ppgCode=2AF07A-75-7E4C-426B-BF7A-C2F925B2B065>. Acesso em: 30 de abril de 2022
- CIB. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**: A discussion document. South Africa, 2012. 82p.
- CIB - CONSELHO INTERNACIONAL PARA A PESQUISA E INOVAÇÃO EM CONSTRUÇÃO. Construção **Sustentável**. Disponível em: <https://www.cibworld.nl/site/home/index.html>.
- CIC. **Câmara da indústria da construção. Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2018. 60p.
- COSENTINO, L. T.; BORGES, M. M. **Panorama da sustentabilidade na construção civil: da teoria à realidade do mercado**. ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – 18 a 20 de Abril de 2016
- DIAS, Reinaldo. **Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- DEGANI, C. M. Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. Dissertação de Mestrado. **PCC-USP**. – USP, São Paulo, 223p, 2013
- ELKINGTON, John. **Sustentabilidade, Canibais com Garfo e Faca**. São Paulo: M. Books do Brasil, 2012.
- FERREIRA, C. P.; BATISTA, N. C.; DE LIMA, S. G. et al., 2017. VII **Simpósio de Produção Científica** e IV Seminário de Iniciação Científica, Teresina-PI – Brasil.
- FERRAREZI, J. Sustentabilidade e Responsabilidade Social na construção civil: um estudo de caso na cidade de Londrina. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 79-108, 2016.
- FILHO, Kamel Zahed et al. Água em Ambientes Urbanos. Coleção Águas Urbanas e Facilitadores de Infiltração para Controle de Inundações Urbanas. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.
- FIQUEROLA, Valentina. Alvenaria de solo-cimento. **Téchne**. Edição 85, abril, 2004. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/85/artigo327091.asp>. (Acessado em 24 de maio de 2022 às 15h34min).
- FORUM DA CONSTRUÇÃO. **Acessibilidade e sua importância nos projetos de hoje e do futuro**, 2010, Disponível em:
- JOHN, Vanderley M. “Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar” São Paulo, **PCC/USP**. 2012 www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm
- JULIÃO, N. R. **Gestão de Resíduos de Construção e Demolição no processo de Retrofit**. In: International Conference on Engineering, 2015, Covilhã. ICEUBI - 2015, 2015. v. 1.
- ISO – International Organization for Standardization. **ISO/TR 14001 – Environmental Management - Integrating Environmental Aspects into Product Design and Development**. Reino Unido, 2014
- KEHL, C. *et al.* Percepção de Clientes Finais sobre Atributos de Desenvolvimento Sustentável para Habitações. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2008
- KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010, 362p
- LANZINHA, J. C. Reabilitação de Edifícios–Metodologia de diagnóstico e intervenção. Book, Edition Fundação Nova Europa, **Série Estudos de Engenharia**, v. 5, 2013.

- LAMBERTS, Roberto et al. **Casa eficiente: consumo e geração de energia**. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2001. 80p.
- LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Construção Civil. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014.
- LENGEN, J.V. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: Empório do Livro, 2008. 707 p
- MARTIN, J. C.; FONSECA, L. F.; CARNEIRO, C. A. G. V.; LIMA, G. B. A. **A gestão ambiental aplicada a projetos empresariais**. In: II Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis, 2010, Canela
- MANHÃES, Gabriela Siqueira; ARAÚJO, Ronaldo de Souza. Sustentabilidade nas construções. **Revista Científica Perspectivas Online**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 11, p. 14-24, dez./2014.
- MAZZAROTTO, F. V. F. **Modelos de requisitos e componentes técnicos para formação de redes entre empresas da construção civil**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção Sustentável**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em 30 de abril de 2022
- MOTTA, Silvio Romero Fonseca. **Sustentabilidade na construção civil: crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 1-122, dez./2009
- MONTEIRO, Jorge Issac Péren. **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima "Lelé"**: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro. 2012. 262f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.
- NASCIMENTO, E. P. D. Trajetória da sustentabilidade: ao ambiental ao social, do social ao econômico. **Revista Estudos Avançados** – Vol. 26, n.74, 2012.
- NEVES, F. V. F. **Modelos de requisitos e componentes técnicos para formação de redes entre empresas da construção civil**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017

CAPÍTULO 18

PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL - EDIFICAÇÕES. ESTUDO, CAUSAS E TRATAMENTOS DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL – EDIFICAÇÕES

*PATHOLOGIES IN CIVIL CONSTRUCTION - BUILDINGS - STUDY,
CAUSES AND TREATMENTS OF THE MAIN PATHOLOGICAL
MANIFESTATIONS IN CIVIL CONSTRUCTION – BUILDINGS*

Ana Helena Paixão Pereira¹

Yone Alves Galdino¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O tema do presente trabalho é Patologias na Construção Civil – Edificações e a escolha foi desenvolvida por se tratar de situações comuns nas construções civis e por possuírem importantes informações sobre ações preventivas e corretivas específicas para cada caso. A pesquisa foi elaborada na forma de revisão da literatura. Conclui-se que foi possível compreender os requisitos básicos para evitar, detectar e solucionar problemas patológicos identificados e possíveis soluções técnicas para corrigi-los. Investigar e estudar o que são as patologias construtivas, compreender as suas causas e tratamentos específicos, onde possa levar a uma compreensão mais ampla do que se passa numa edificação, se está tudo dentro dos padrões de segurança e se existem sinistros na estrutura, evitando danos e perdas materiais e sociais. A falta de procedimentos adequados e sistemas eficazes de controle de qualidade nas edificações está intimamente relacionada ao surgimento de manifestações patológicas nas edificações. Portanto, o presente trabalho analisou as principais manifestações da patologia na construção civil e a melhor escolha para corrigir tais problemas construtivos, constatando que a melhor decisão, nesses casos, é procurar um profissional da área com conhecimento técnico e, de forma preventiva, investir em projetos bem elaborados e de acordo com todas as normas da construção civil.

Palavras-chave: Patologia, edificações, construção civil.

Abstract

The theme of the present work is Pathologies in Civil Construction - Buildings and the choice was developed because they are common situations in civil construction and because they have important information about preventive and corrective actions specific to each case. The research was carried out in the form of a literature review. It is concluded that it was possible to understand the basic requirements to avoid, detect and solve identified pathological problems and possible technical solutions to correct them. Investigate and study what constructive pathologies are, understand their causes and specific treatments, where it can lead to a broader understanding of what is happening in a building, if everything is within safety standards and if there are accidents in the structure, avoiding damages. and material and social losses. The lack of adequate procedures and effective quality control systems in buildings is closely related to the emergence of pathological manifestations in buildings. Therefore, the present work analyzed the main manifestations of the pathology in civil construction and the best choice to correct such constructive problems, noting that the best decision, in these cases, is to look for a professional in the area with technical knowledge and, in a preventive way, to invest in well-designed projects and in accordance with all civil construction standards.

Key-words: Pathology, buildings, civil construction.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve como pretensão apresentar o estudo de patologias mais comuns na construção civil, que são problemas ou sinistros construtivos encontrados nas construções de edificações; suas análises específicas e estudos adotados para compreender as causas e tratamentos desses problemas, especificadamente no ramo da edificação.

O estudo das anomalias patológicas na construção civil trouxe uma ampla discussão no cenário de edificações, visto que são observados com certa frequência no dia-a-dia, seja em obras mal projetadas ou com falta de manutenção. Com isso existe a necessidade do entendimento sobre o assunto, tanto para que os responsáveis técnicos saibam lidar com situações neste contexto, quanto para que as pessoas de modo geral consigam entender as medidas preventivas e corretivas que serão adotadas em seus imóveis no caso da presença desses problemas.

Investigar e estudar o que são as patologias construtivas, compreender suas causas e seus específicos tratamentos traz uma ideia mais ampla do que está acontecendo em uma edificação, se está tudo de acordo com as normas construtivas e de segurança, e se há ou não algum comprometimento material e/ou estrutural da mesma, prevenindo danos e prejuízos materiais e sociais. Em várias situações, não precisa ser um profissional da área para observar infiltrações, fissuras, trincas, rachaduras, entre outras patologias construtivas. Mas cada situação existe um porquê e exige uma solução específica, e para que se chegue a um tratamento efetivo, necessita-se de uma investigação profissional e aprofundada sobre a raiz do problema, daí a importância do estudo e acompanhamento.

Quais são os métodos de análises e estudos adotados para compreender as causas e tratamentos das principais patologias da construção civil, no âmbito das edificações? Os métodos e estudos adotados para compreender as causas e tratamentos das principais patologias da construção civil no âmbito das edificações estão justificados no decorrer do mesmo, que explicou que inicialmente deve-se haver a identificação e a investigação das patologias específicas, a pesquisa e o estudo em cima do que foi investigado e a adoção das medidas inerentes a cada problema 14 patológico específico para que haja eficiência e eficácia na resolução. Citou também a ideia da prevenção relacionada ao tema proposto.

Objetivo geral: Estudar as causas e tratamentos das principais patologias encontradas em edificações e compreender as suas particularidades e a importância das análises de soluções específicas.

Objetivos específicos: O primeiro objetivo específico é detalhar as possíveis causas das principais patologias construtivas em edificações através de embasamento teórico de procedência indubitosa; no segundo, descrever os tratamentos específicos para cada patologia construtiva presente neste trabalho, compreendendo suas particularidades; e, no terceiro, destacar a importância da elaboração fundamentada de soluções para cada patologia específica abordada.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma revisão da literatura, abordando sobre o estudo, causas e tratamentos das principais manifestações patológicas na cons-



trução civil – edificações, que traz informações para o entendimento essencial do assunto proposto e dos processos que nele pertence. Pesquisa de caráter qualitativo, se baseou em fundamentações através de livros, dissertações, artigos, teses e sites especializados sobre as principais teorias relacionadas à temática do trabalho, tendo como base de dados a Associação Brasileira de Normas Técnicas, entre outras fontes confiáveis de pesquisa, usando-se como palavras-chave: patologias na construção civil; patologia; prevenção e correção, e manifestações patológicas.

2. PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO - CONCEITO

A palavra “patologia” significa literalmente “estudo da doença” e tem origem no grego, onde Pathos = doença e Logos = estudo. Com isso, pode-se ressaltar que: [...] o ramo da engenharia que estuda os sinais, sintomas, formas de manifestação, origens e causas das doenças ou defeitos que ocorrem nas edificações podem ser entendidas como a ciência da patologia das construções. A partir deste estudo, é possível compreender as melhores formas de evitar que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações modernas. (CARMO, 2000, p. 11).

Anomalias patológicas estão presentes em boa parte das edificações, em grau baixo ou alto, com variação dos tipos de manifestações. Daí é necessário entender qual a importância do estudo das origens de cada problema, pois em uma ou mais etapas da construção houve falhas e essas falhas originaram esses problemas patológicos, comprometendo, inclusive, o controle de qualidade das atividades construtivas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15575 (2013) diz que as obras devem ter 50 anos de vida útil, mas sabe-se que, pelas falhas na execução ou falta de manutenções devidas, esse prazo é reduzido de forma drástica, tendo aproximadamente 51% de responsabilidade das execuções, 15% de projeto, 13% de utilização, 7% de materiais, 3% manutenção, 6% fortuitas e 2% outros problemas, de acordo com Silva e Jonov (2011).

Compreende-se que cada manifestação patológica existe uma terapêutica adequada, e que “uma vez que tratarmos os sintomas sem eliminar a causa, o problema tende a se manifestar novamente” (CARMO, 2003, p.11).

“Em várias situações recuperar uma estrutura com patologias é mais difícil do que construir uma nova. Isto ocorre devido ao fato de que muitas vezes a edificação já pode estar em uso, o que vai dificultar os trabalhos de recuperação” (SACHS, 2015, p.42). A prevenção é ideal em toda e qualquer construção civil, e em edificações, o projeto e execução devem andar alinhados às Normas Técnicas, para que evitem ou reduzam os riscos de manifestações patológicas em suas construções.

Patologias das construções é a área da engenharia civil que analisa o desempenho insatisfatório de elementos que compõem uma edificação, desempenho este, atualmente regido por normas técnicas, a análise do defeito em questão é o que trata o ramo de patologias, fazendo uma análise através dos tipos de manifestações, causas e origens, a engenharia utiliza o termo como a área de estudo das origens e mecanismos de ocorrência das diversas falhas que afetam aspectos estruturais e estéticos de uma edificação (CREMONINI, 1988).

2.1 Conceito de desempenho

Segundo Cremonini (1988, p. 18), “o conceito de desempenho é antes de tudo o processo de pensar e trabalhar em termos de fins ao invés de meios, o que não significa que os meios são desconsiderados, mas que sua consideração ocorre através dos fins alcançados”. A Patologia Arquitetônica é o campo da engenharia civil, que analisa o desempenho dos elementos que compõem o edifício, esse desempenho, atualmente determinado por normas técnicas, uma análise de defeitos em 8 questões, é do que trata o ramo da patologia, analisado por tipo de manifestações, causas e origens, a Engenharia utiliza o termo como campo para investigar a origem e o mecanismo de ocorrência de várias falhas que afetam aspectos estruturais e estéticos dos edifícios.

O conceito de desempenho é voltado para a produção de edifícios e componentes que atendam determinadas exigências durante suas vidas úteis. Durante o processo de construção, para que sejam satisfeitas as exigências e as normas técnicas vigentes, são determinadas incumbências a cada profissional envolvido no empreendimento, segundo a norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2013) cabe ao incorporador contratar os profissionais e serviços que possam prover as informações necessárias que podem ou não trazer riscos à elaboração e entrega do produto final, como exemplos, pode-se citar a presença de aterro sanitário na área edificável do lote, presença de agentes agressivos no solo e demais passivos de natureza ambiental bem como agentes que podem manifestar-se durante as diversas fases da vida da edificação (THOMAZ, 1989, n.p).

As edificações estão sujeitas a perda de desempenho durante sua vida útil de projeto, podendo avançar de forma natural ou ser acelerado por diversas razões externas de origem em qualquer uma das etapas do processo construtivo, dentre as mais variadas formas de manifestações patológicas (CREMONINI, 1988). Os problemas que se manifestam com mais frequência na construção civil, como, fissuras e trincas de revestimento, são subdivididos em dois tipos, os problemas simples ou complexos. Para problemas simples, tem-se uma padronização, sendo assim solucionado por profissional sem técnicas muito avançadas, já complexa, precisasse de uma investigação mais detalhada para solucionar o problema, para fazer essas análises o profissional precisa de auxílio de ferramentas para melhor diagnósticos da situação.

2.2 O conceito de manutenção

Segundo Ripper e Souza (1998), manutenção é o conjunto de procedimentos necessários para garantir o desempenho, trazendo satisfação. A sua maior finalidade é o prolongamento da vida útil do projeto, com o melhor custo. A manutenção é tão importante quanto a construção, para o não surgimento de patologias, então pode-se dizer que: Ao tratar de manutenção na construção civil, até poucos anos atrás era considerada improdutiva e desnecessária, visto que, sua aplicação ocorre somente após a entrega do imóvel. Porém, percebida a importância de o empreendimento ser entregue de acordo com as especificações requeridas, e não apresentar anomalias antes do tempo estimado da vida útil do imóvel, a manutenção de edificações, tornou-se temática na construção civil (OLIVEIRA, 2017; DARDENGO, 2010).



Não se pode acarretar o surgimento de todos os problemas patológicos à falta de manutenção ou de condutas adequadas pelos usuários, o surgimento de problemas patológicos se dá por uma combinação de erros em todas as fases de concepção da edificação, da eficiência da estrutura, dos métodos construtivos, das condições de agressividade do meio, porém há uma parcela de culpa dos usuários pela falta de manutenção à edificação (CBIC, 2013, n.p).

A vida útil de projeto (VUP) da edificação só poderá ser atingida no caso do seu uso correto e adoção de eficientes processos de manutenção, obedecendo fielmente o que estiver estipulado no Manual de Uso, operação e manutenção da edificação (NBR 15575: ABNT 2013). Quando não há manutenção adequada, a edificação passa por um processo de envelhecimento precoce comprometendo diversos fatores de caráter estético, social e econômico, além da perda do desempenho e riscos ao seu usuário (SANTOS FILHO, SPOSTO E MELO 2014, p. 2).

O seu proprietário é uma figura de destaque que exige a qualidade de execução. Os reparos que exigem conformidade com padrões de manutenção prédefinidos, ações preventivas ou corretivas devem ser realizadas de acordo com o manual, que foi preparado com todos os padrões em mente. Os manuais deverão ser pormenorizada pelo profissional, apresentando a estrutura e o conteúdo de fácil absorção, levando em consideração fatores como memoriais, descrições, garantias e assistência técnica, uso e limpeza do imóvel e manutenção. Quando se inicia o processo de planejamento de uma obra, é importante entender que precisa ser dada a devida atenção à forma de se projetar, executar, usar da melhor maneira os materiais empregados na fase de execução e, também, na fase de pós-ocupação. (OLIVEIRA, 2017, n.p).

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS

3.1 Fissuras – edificações

As fissuras são patologias características das estruturas de concreto, tendo sua caracterização dependente da origem, magnitude do quadro existente e intensidade. De acordo com Corsini (2010), pode começar a aparecer silenciosamente. É o mais comum na execução de um projeto e pode afetar a estética, a durabilidade e a estrutura. Isso pode indicar algo mais grave estruturalmente, pois as rachaduras permitem patologias mais graves no futuro: rachaduras e fissuras. Podem aparecer de forma passiva ou ativa; as ativas subdividem-se em sazonais ou progressivas, variando de forma mais calma na abertura e fechamento, sazonais em relação às temperaturas, não sendo de grande risco. As progressivas vão evoluindo com o tempo, aumentando e trazendo riscos maiores de perigos para a edificação.

De acordo com Corsini (2010), as fissuras geométricas podem aparecer tanto nos elementos de alvenaria (blocos e tijolos) como nas suas juntas. As trincas mapeadas podem ser formadas por retração da argamassa, excesso de finos no traço ou por excesso de desempenho. Sua espessura pode atingir até 0,5 mm e não apresentará problema estrutural.

Os problemas patológicos nas estruturas de concreto geralmente se manifestam de forma bem característica, permitindo assim que um profissional experiente possa deduzir qual a natureza, a origem e os mecanismos envolvidos, bem como as prováveis consequências. Um dos sintomas mais comuns é o aparecimento de fissuras, trincas, rachaduras e fendas. (VITORIO, 2002, n.p).

3.2 Manchas – edificações

De acordo com Souza (2008), os problemas na construção civil causados pela umidade podem estar associados a até 60% dos problemas patológicos nas edificações em uso e operação, podendo levar a prejuízos funcionais, de desempenho, estéticos e estruturais, significando risco à segurança e à saúde dos usuários. O aparecimento de manifestações patológicas relacionada à umidade trazem insatisfação e desconforto e podem ser associadas à várias causas, tornando seu estudo muito cauteloso e que requer uma atenção detalhista. Podem gerar problemas como: desconforto dos usuários, podendo inclusive afetar a saúde dos mesmos; prejuízo de caráter funcional; prejuízos financeiros; etc.

Segundo Carmo (2003), eflorescências são causadas pela umidade (H₂O), que reage com os elementos químicos do cimento trazendo as manifestações patológicas à tona. A presença da umidade pode causar, também, a desagregação da argamassa e descolamentos por baixa aderência das camadas do revestimento, causadas por erros de execução.

3.3 Patologias quanto a expansão de umidade – edificações

De acordo com Carmo (2003), a manifestação de tais problemas é frequentemente causada pela umidade de resíduos da própria argamassa, até mesmo tijolos, escoam falha nos sistemas de canalização e impermeabilização, esta intempérie é causada pela umidade (H₂O), que reage com os elementos químicos do cimento trazendo manifestações patológicas para a superfície. A presença de umidade causa desagregação de argamassa e desprendimento devido à baixa aderência do revestimento, causados por erros de execução. Os materiais cerâmicos tendem a inchar, em alto ou baixo grau no decorrer do tempo, que associado à ausência de juntas adequadas, terá como consequência o descolamento de revestimento seja de piso ou de parede, por flambagem, gretamento e fissuras. Essa expansão por umidade faz com que o material cerâmico aumente pela absorção da água, podendo descolar as peças da argamassa.

Segundo Gnipper, Mikaldo Jr (2007), a umidade nos edifícios é um dos problemas mais difíceis de resolver no estudo de patologias na engenharia civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e a falta de pesquisas e estudos. Mesmo com a frequência de problemas patológicos, possui poucos estudos sobre sistemas hidráulicos prediais, esse fator ocorre porque requerer recursos caros, longas observações, no local e laboratório, simulação e testes.

3.4. Patologias em concreto armado



Segundo Araújo (2013), a corrosão no concreto armado é uma das patologias mais frequentes nas edificações, e podem determinar o fissuramento e deslocamento, deixando sua armadura exposta ao ambiente. A corrosão é relacionada à teores altos de íons de cloreto no concreto ou no abaixamento do pH devido às reações com compostos presentes no ar, especialmente o dióxido de carbono.

A armadura de aço pode ser definida como material metálico que em contato com ambientes agressivos estão sujeitos à corrosão. Podem ocorrer dois tipos de corrosão: a corrosão eletroquímica (aquosa) e a corrosão química (corrosão seca). A corrosão eletroquímica vai ocorrer quando as estruturas entram em contato com soluções aquosas, como água doce ou do mar, como o solo, as atmosferas úmidas. A corrosão química é um processo lento e não provoca deterioração superficial das superfícies metálicas (exceto quando se tratar de gases extremamente agressivos) (BERTOLINI, 2010, n.p).

Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação (LAPA, 2008, p. 9). Os processos de degradação alteram a capacidade de o material desempenhar as suas funções, e nem sempre se manifestam visualmente. Os três principais sintomas que podem surgir isoladamente ou simultaneamente são: a fissuração, o destacamento e a desagregação (LAPA, 2008, p. 9).

3.4 Patologias em revestimento cerâmico

Dentre as principais possíveis causas de surgimento de patologias de revestimento, têm-se: a qualidade dos produtos utilizados, falta de limpeza gerando resíduos desmoldantes, argamassa com baixo consumo de cimento, chapisco com elevado teor de POZ (material pozolânico) ou AF (escória de alto forno), chapisco executado com resina acrílica havendo prazo excessivo de cura até a aplicação das demais camadas do revestimento, baixa coesão ou compacidade da argamassa, desagregação por insuficiência de teor aglomerante do cimento, areia com presença de material silto-argiloso, erro na aplicação das espessuras das camadas, presença de umidade e expansão da argamassa de assentamento (DO CARMO, 2003, n.p).

As trincas e quebra de placas são causadas por algumas falhas de assentamento, por falta de argamassa no verso das placas, uso de argamassa vencida, uso do material com tempo de abertura ultrapassado, liberação do local antes da completa secagem. Muitas patologias que surgem durante a fase de utilização são originadas pelos usuários, através de diversos fatores como: sobrecargas não previstas no projeto, alterações estruturais indevidas em função de reformas, utilização de produtos químicos com agentes agressivos, falta de programações de manutenção adequada, falta de inspeções periódicas para detecção de sintomas patológicos, danificação de elementos estruturais por impactos, erosão por abrasão, retração do cimento, excesso de deformação das armaduras (PINA, 2013, n.p).

4. TRATAMENTOS ESPECÍFICOS E A IMPORTÂNCIA DA ELABORAÇÃO FUNDAMENTADA DE SOLUÇÕES

As manifestações patológicas que surgem durante a fase de uso da edificação, normalmente são decorrentes da má utilização e falta de manutenção da edificação por parte do usuário, porém, não se pode inibir os empreendedores e responsáveis técnicos pela estrutura, pois por falta de cartela à profissão, é comum que não haja a formulação de manuais de uso e manutenção das edificações, fator que auxilia o surgimento de problemas (DAL MOLIN, 1988).

Na área da construção civil, a falta de capacitação da mão de obra, a má execução do projeto bem como o uso de materiais de baixa qualidade, causam patologias durante a fase da construção e outras que se manifestam após a entrega do produto edificação (PINA, 2013). Para as necessidades e condições de cada usuário e condição de exposição e padrões de desempenho. Surgiram conjuntos de especificações incluídos em seis partes, os seis elementos essenciais do desempenho para trazer garantia na edificação. Esses elementos são: requisitos gerais, requisitos para sistemas estruturais, requisitos para os sistemas de pisos, requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas, requisitos para os sistemas de cobertura e requisitos para os sistemas hidrossanitários.

A resolução de um problema patológico envolve um conjunto complexo de procedimentos a serem feitos, a prática profissional usada na análise destes problemas tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e comprovada prevalecendo em muitas situações a experiência profissional do engenheiro, obtida ao longo dos anos e a utilização de métodos empíricos de análise prévia, tal fato é relevante quando se mostra necessária uma análise pormenorizada e individualizada do problema, quando estes se mostram mais complexos (RIPPER; SOUZA, 1998, n.p).

A investigação necessária para o diagnóstico da(s) causa(s) responsável por algum defeito na edificação deve ser realizada de maneira completa e sistemática. Assim como em um projeto, um procedimento linear direto é raramente possível [...] o processo é, inevitavelmente, iterativo (cíclico) (DAL MOLIN, 1988, p. 175).

Lichtenstein (1985), propõe um fluxograma básico fundamentado em uma sequência de três etapas, subdivididas em processos de análise e estudo das causas de manifestações patológicas, como proceder, e é apresentado na Figura 1.

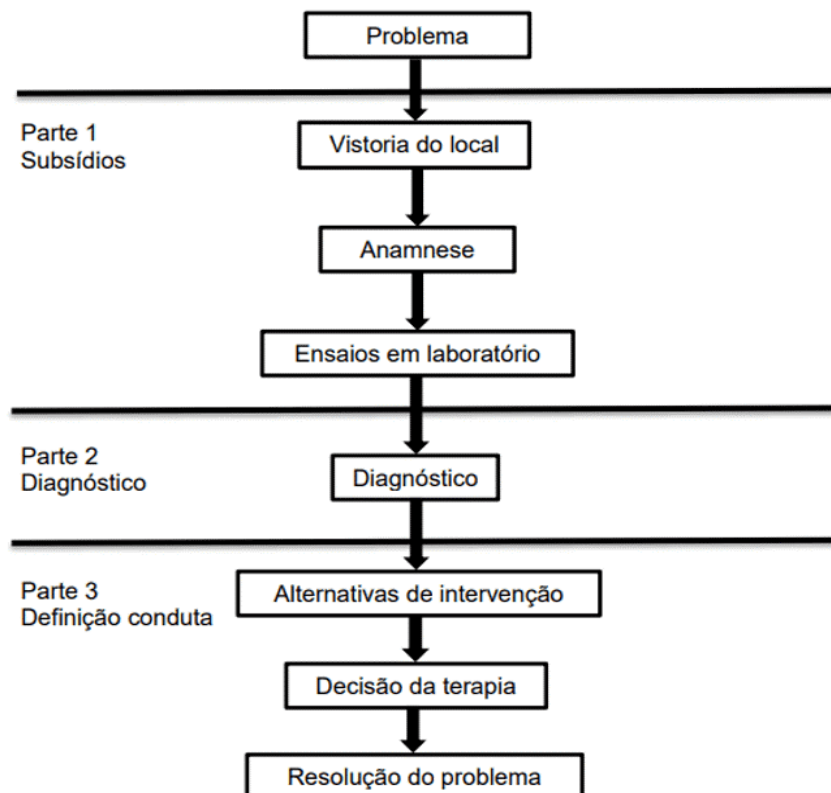


Figura 1 – Fluxograma para resolução de patologias da construção civil
 Fonte: (Lichtenstein, 1985)

De acordo com Silveira (2002), a falta de padronização de diversos materiais e procedimentos, aliada à falta de fiscalização daqueles já padronizados pelos profissionais técnicos, é muito importante para promover o não surgimento de patologia, logo, os engenheiros devem estar conscientes quanto ao controle de qualidade dos materiais, da construção e processos.

4.1 Recuperação de fissuras

Segundo Thomaz (1989), Fissuras em revestimentos de argamassa são comuns em edificações, estas podem ter diferentes configurações, geralmente na forma de mapas na fase plástica, quando já na fase rígida, essas fissuras são muitas vezes causadas pela perda precoce de umidade, produzindo movimentos de retração e tensões internas de tração. As fissuras de retração da argamassa de revestimento são distribuídas uniformemente, as linhas de mapeamento se cruzam, formando um ângulo próximo a 90°, se o ângulo de intersecção das duas fissuras for muito diferente, 90°, pelo menos uma das fissuras não é a origem do mecanismo que atua na argamassa.

Os principais fatores que geram patologias de revestimento em argamassas são: tipo e qualidade dos materiais utilizados na argamassa, má proporção do traço, falta de técnica e cuidados na execução (DO CARMO, 2003, n.p). Fissuras na diagonal: geralmente aparecem com as aberturas de portas e janelas. As possíveis causas são vergas e contra-

vergas insuficientes, inexistentes ou carga aplicada na alvenaria maior do que a estrutura poderia suportar. Fissuras por recalque diferencial na fundação: aparecem na diagonal, por conta da face do pilar, recalque de fundação.

As principais causas devem-se a escavações, construções ou vibrações vizinhas, rebaixamentos de lençol freáticos, alterações no solo, dimensionamento inadequado das fundações. Fissuras com deformação dos elementos estruturais: a causa principal é a estrutura subdimensionada. Geralmente por carga adicional na construção, tem que fazer um diagnóstico adequado e se necessário retirar a carga superior ou reforçar a estrutura. Então será possível prosseguir com o reparo na alvenaria, de acordo com os casos anteriores.

A vida útil de um edifício está diretamente relacionada com a manutenção do desempenho dos revestimentos acima dos níveis mínimos especificados. Para isso, deve-se ter um conhecimento preciso dos fatores de degradação ao qual o revestimento estará submetido uma vez que a deterioração ocorre em função da natureza do componente e das condições de exposição (RESENDE, BARROS E MEDEIROS, 2001, n.p).

Prevenir e tratar rachaduras na parede: os selantes não tratam de tensões de cisalhamento e tração em alvenaria, que são causas comuns de rachaduras. Se a rachadura não voltar, a causa deve ser corrigida. Só assim o reparo pode ser eficaz. Se a fissura estiver na alvenaria - ou seja, no bloco - ou na argamassa colocada, essas estruturas devem ser reparadas. No caso de fissuras no revestimento de argamassa, é necessário avaliar se as fissuras da parede ocorreram na betonilha, na argamassa de acabamento ou na massa. "Uma avaliação técnica deve ser realizada em cada caso para garantir a durabilidade dos reparos". No entanto, se a rachadura reaparecer mesmo com todos os reparos feitos, provavelmente sua causa não foi diagnosticada adequadamente.

4.2 Recuperação das manchas

Os problemas dentro da construção civil causados por umidade podem estar relacionados a até 60% das manifestações patológicas encontradas em edificações em fase de uso e operação e podem levar a prejuízos de caráter funcional, de desempenho, estéticos e estruturais podendo representar risco à segurança e à saúde dos usuários (SOUZA, 2008).

A presença da umidade causa também a desagregação da argamassa e descolamentos por baixa aderência das camadas do revestimento, causadas por erros de execução (DO CARMO, 2003, n.p). Manchas trazidas durante a construção, através da água que é um dos componentes mais utilizados na engenharia, que se encontra em quase todos os serviços, desde a fabricação da matéria prima até o resultado total.

Segundo Verçoza (1991) e Klein (1999) apud Souza (2008), a umidade trazida por capilaridade ocorre nos baldrame das construções devido a três importantes aspectos, às condições do solo úmido em que a estrutura da edificação foi construída; a ausência de obstáculos que impeçam a progressão da umidade; a utilização de materiais porosos (tijolos, concreto, argamassas, madeiras, blocos cerâmicos) que apresentam canais capilares,



permitindo que a água ascenda do solo e penetre no interior das edificações.

A presença da umidade causa também a desagregação da argamassa e descolamentos por baixa aderência das camadas do revestimento, causadas por erros de execução (DO CARMO, 2003). Essa patologia ocorre nas áreas inferiores das paredes, por motivos de absorção do solo úmido, através da sua fundação, onde se encontra materiais que apresentam canais capilares, sendo assim facilitado a passagem da água para atingir o interior da edificação. Tem-se como exemplos: argamassa, madeira, concreto, blocos de cerâmicas, etc

De acordo com Righi (2008), é a umidade que viaja de uma área para outra através das pequenas rachaduras nas divisórias que as separam. Vazamentos são causados pela chuva, e o vento pode exacerbar seus efeitos.

Segundo Verçoza (1991) apud Souza (2008, p. 08), “a umidade não é apenas uma causa de doença, é um meio necessário pelo qual a maioria das doenças ocorre em edifícios”. É um contribuinte significativo para eflorescências, ferrugem, mofo, bolor, pintura descascada, reboco e até acidentes estruturais. A eflorescência traz alterações na superfície e causa degradações. A água é o seu veículo principal, a sua correção implica na eliminação da umidade. Seus tipos mais comuns são: manchas de cor de ferrugem, de cor branca, aspecto de nuvem e escorridas

Condensação: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2010), é a água derivada da condensação do vapor de água presente no ambiente nas superfícies dos elementos construtivos do ambiente. Patologia muito comum em banheiros, saunas e frigoríficos, quando a construção não é executada corretamente para áreas molhadas. Pois a água se encontra no ambiente e fica na estrutura.

“Os defeitos e falhas decorrentes da impermeabilização na construção civil, são ocasionados pela penetração de água nos componentes do edifício ou devido à formação de manchas de umidade e bolor” (SOUZA, 2008, p. 08). A melhor forma de combater a umidade é a impermeabilização correta na construção, mas caso isso não aconteça e tenha falhas na execução da obra a principal forma de correção é primeiro o estudo de caso e a causa da infiltração, tendo assim que ser feito a impermeabilização e a eliminação da umidade no local.

4.3 Recuperação das patologias em concreto armado

O IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas diz que, a corrosão nas armaduras de concreto armado é uma patologia frequente em edificações, determinando fissuramento de concreto e podendo ocasionar o deslocamento, deixando a armadura exposta. Existem dois tipos de corrosão: a eletroquímica (aquosa) e a química (seca). A aquosa ocorre quando as estruturas têm contato com água doce ou salgada, solos e atmosferas úmidas, já a corrosão seca sofre um processo mais lento sem provocar danificação superficial.

A corrosão é frequentemente relacionada à presença de teores críticos de íons de cloreto no concreto ou no abaixamento do seu pH devido às reações com compostos pre-

sentes no ar atmosférico, especialmente o dióxido de carbono (ARAÚJO, 2013).

Popularmente conhecidos como bicheiras, podem afetar a durabilidade e resistência das estruturas de concreto, que poderão sofrer deformações ou até mesmo entrar em colapso. As principais causas do problema são as falhas no processo de concretagem da estrutura, por exemplo, no lançamento ou adensamento do concreto. Algumas vezes, no entanto, a patologia pode ser causada por erro no detalhamento da armadura (FIGUERO-LA, 2006).

O cobrimento insuficiente da armadura também pode desencadear patologia por conta de corrosões nas estruturas de concreto armado, visto que deve ser proporcional à hostilidade do ambiente. Em resumo, quanto mais hostil for o ambiente da construção, mais resistente e maior, o cobrimento deve ser. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), (...) a durabilidade das estruturas é altamente dependente das características do concreto e da espessura e qualidade do concreto do cobrimento da armadura.

O concreto além de ter sua capacidade de suportar as cargas verticais, também tem o importante papel de proteger as armaduras, cobrindo o aço de modo a evitar seu contato direto com o ambiente agressivo. De forma geral, quanto maior for o cobrimento maior será a proteção que a armadura de aço terá (NAKAMURA 2011).

Os problemas citados trazem inúmeras possibilidades de problemas para a construção se não forem diagnosticados e recuperados de forma precisa, então para que sejam evitados, deve-se focar em todas as etapas construtivas da obra, começando pela elaboração correta e minuciosa dos projetos estruturais e arquitetônicos, estando de acordo com as normas técnicas, detalhando todos os procedimentos e condições necessárias para sua execução, visto que, segundo Jonov (2011), projetos mal elaborados correspondem à 18% das origens das manifestações patológicas no Brasil.

Segundo Souza (2008), com o uso do concreto armado, as paredes passaram a ter como função a vedação, deixando de ser autoportantes, resultando em paredes esbeltas, a pré-fabricação e a utilização de novos materiais trouxeram juntas de dilatação, o que contribuiu também para a patologia que ocorre na alvenaria, uma das mais visíveis no campo da engenharia civil. Fiscalização, inspecionamento e execução a partir de uma equipe preparada é a chave para a execução correta das atividades construtivas, por isso, o responsável técnico deve se fazer presente em todas as etapas, fiscalizando e coordenando a equipe para que se chegue ao máximo de êxito da construção.

O controle tecnológico dos materiais também é uma das grandes chaves para evitar, prevenir ou solucionar problemas patológicos voltados às estruturas de concreto armado. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000), os controles técnicos devem ser especificados com base no grau de responsabilidade da estrutura, nas condições agressivas presentes no canteiro de obras e no conhecimento prévio das propriedades dos materiais que podem ser utilizados para realizar as obras.

É importante frisar que, antes de executar alguma medida corretiva de uma patologia é necessário saber a origem do problema, pois manifestações patológicas com origens difusas podem ter características iguais ou semelhantes, camuflando o real problema patológico da construção, dando a importância do estudo diagnóstico da situação. O diag-

nóstico é a fase mais importante do processo e cabe a ele definir o sucesso ou fracasso do que será determinado. Sua formatação completa passa por diversas etapas, que remetem a informações coletadas desde a primeira vistoria do local, a coleta de dados para posterior formulação do diagnóstico. (SANTUCCI, 2015, n.p).

As técnicas de lavagem e limpeza das superfícies de concreto devem ser realizadas, pois as estruturas devem ser limpas de forma a remover substâncias ou impregnação de contaminantes quando expostas a ambientes potencialmente agressivos. Existem várias técnicas para limpeza de superfícies de concreto, mas deve-se ter cuidado ao utilizar soluções ácidas associadas à armadura de concreto. As principais normas técnicas de limpeza da superfície do concreto são:

Saturação: Aumenta a adesão de materiais reciclados. Segundo Souza e Ripper (1998), a saturação dura em média 12 horas. A superfície a ser restaurada deve ser mantida úmida.

Corte: Durante este processo, todo o material nocivo ao vergalhão é removido, facilitando o corte, a uma profundidade de pelo menos 2 cm ou diâmetro do vergalhão, a uma profundidade tal que todo o vergalhão fique imerso em meio alcalino. Após o corte, a superfície do concreto deve passar por um procedimento de limpeza, a saber: jateamento de areia, jateamento de ar comprimido e jateamento de água. Ao cortar, o agente prejudicial à estrutura deve ser completamente removido. Em alguns casos, é necessário suporte estrutural.

Demolição: A demolição é geralmente projetada de acordo com o tamanho e o tipo de estruturas a serem demolidas. Martelos de detonação, explosivos, agentes de detonação intumescentes, etc. podem ser usados. Dependendo da magnitude do dano ou risco, julgue pela remoção total ou parcial.

Conforme PIANCASTELLI (1998), os reparos profundos são aqueles que apresentam aberturas para retirada do concreto deteriorado ou contaminado, com profundidade 1,5 vezes maior que a maior das duas outras dimensões. Recuperar uma estrutura de concreto é trazê-la às suas condições essenciais e originais, por isso, fazer um diagnóstico preciso e detalhado será à base para a resolução dos problemas patológicos, visto que, caso não seja feito de forma adequada, poderão aparecer novas patologias, além das que já estão presentes.

4.4 Recuperação das patologias em revestimento cerâmico

Os principais fatores que geram patologias de revestimento em argamassas são: tipo e qualidade dos materiais utilizados na argamassa, má proporção do traço, falta de técnica e cuidados na execução (DO CARMO, 2003, n.p). A possibilidade de desenvolver outras lesões que possam exigir investigações específicas, como vazamentos e umidade, deve ser verificada. O desapego geralmente ocorre apenas em certas áreas, enquanto outras aparentemente permanecem saudáveis. Nesses casos, é importante determinar a extensão geral do problema e se a patologia pode se estender a áreas ainda não afetadas. Para isso, no primeiro levantamento, pode ser realizado um teste de impacto e a área onde

ocorre o som-cavo será afetada.

Algumas Normas Brasileiras que tratam sobre o revestimento cerâmico são a: NBR 13.753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante; NBR 13.754: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante; NBR 13.755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante; NBR 13.818 e NBR 15.463: Placas cerâmicas para revestimento; 15.575: Edificações habitacionais – Desempenho.

Esse trabalho tem como finalidade caracterizar, individualmente, os materiais envolvidos no sistema de revestimento cerâmico, incluindo a forma correta de armazenar e manusear esses componentes, além de descrever o processo adequado de manuseio e aplicação da argamassa e da colagem das placas cerâmicas, incluindo as ferramentas envolvidas no processo e pequenos testes úteis durante o processo. Com base nesse conhecimento agregado, então, serão descritas e caracterizadas as patologias mais comuns em revestimentos cerâmicos, além de incluir possíveis explicações para a origem de cada uma das patologias e como elas estão ligadas às características individuais dos elementos e/ou ao processo executivo e/ou às ações das intempéries às quais o sistema de revestimento estará submetido (MACHADO, 2018).

5. CONCLUSÃO

No término deste estudo, teve-se a ideia da importância do conhecimento de situações patológicas que são tão comuns nas construções civis, especificamente na parte de edificações. Alcançou-se o objetivo geral (e os específicos, que estão expostos no trabalho) de mostrar os estudos de causas e tratamentos das principais patologias encontradas em edificações, compreendendo as particularidades e a importância das análises de soluções específicas, portanto, sabe-se que há muitas informações além, que podem enriquecer esta pesquisa para abranger ainda mais o conhecimento no tema proposto, enfatizando a importância do conhecimento e da absorção de informações, seja para profissionais da área, acadêmicos de engenharia ou as pessoas no modo geral.

Abordou-se os pontos principais da pesquisa do trabalho, trazendo com ênfase o apontamento de possíveis causas das principais patologias, a descrição dos tratamentos específicos e o destaque da importância da elaboração de soluções específicas para as patologias apontadas e informando de maneira didática sobre o tema proposto, para que fosse de fácil compreensão o entendimento preventivo e corretivo sobre manifestações patológicas na construção civil, mais especificadamente no âmbito de edificações, fazendo com que os leitores absorvam conhecimento, até mesmo para exigirem mais responsabilidade de seus profissionais contratados, e fazendo com que profissionais entendam a importância do estudo aprofundado das causas patológicas nas construções, para que, em caso de remediação, tenham tratamentos efetivos em suas decisões.

O estudo das patologias nas construções de edificações abre vários caminhos para o conhecimento de prevenção e correção de problemas corriqueiros da construção civil e um deles é a especialização nesta área que é tão importante na execução de projetos e na



manutenção dos mesmos. Como sugestão para um trabalho futuro, pode ser criado, dentro dos projetos de construção, um departamento de estudo de prevenção patológica, que trabalhe em todos os processos construtivos, para que faça o monitoramento das ações, assegurando que toda a execução estará dentro do critério de organização, qualidade, segurança e normas, a fim de anular ou pelo menos amenizar as manifestações patológicas à curto, médio e longo prazo nas edificações.

Para as referências, deve-se utilizar texto com fonte *Times New Roman*, tamanho 12, espaçamento simples, prevendo 6 pontos depois de cada referência, exatamente conforme aparece nas referências aleatórias incluídas a seguir. As referências devem aparecer em ordem alfabética e não devem ser numeradas. Todas as referências citadas no texto, e apenas estas, devem ser incluídas ao final, na seção "Referências". Usar a norma da ABNT 6023/2002.

Referências

ARAÚJO, A. et al., **Monitoramento da corrosão em estruturas de concreto**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575 – **Desempenho de edificações habitacionais**. Rio de Janeiro. 2013.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção**. São Paulo: Oficina de texto. 2010.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: Guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. 2ª ed. Brasília, Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares da região de Porto Alegre: Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br>. Acesso em: 19 de março de 2022.

CUSTÓDIO, Vicente; RIPPER, Thomaz. **Patologia recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Ed PINI. 1998.

DAL MOLIN, Denise C. Coitinho. **Fissuras em estruturas de concreto armado**. 1988.

DARDENGO, Cássia Figueiredo Rossi. **Identification of diseases and proposing guidelines for preventive maintenance in multi-family residential buildings in the city of Viçosa - MG**. 2010.

DO CARMO, Paulo Obregon. **Patologia das construções**. Santa Maria, Programa de atualização profissional – CREA – RS, 2003.

FIGUEROLA, V. **Vazios de concretagem**. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/109/artigo287074-3.aspx>>. Acesso em 24 de abril de 2012.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicos sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto**. Curitiba, 2007.

LAPA, J. S. **Patologia, recuperação e reparação das estruturas de concreto armado**. 2008, p.9.

NAKAMURA, J. **Cobrimento de armaduras**.

NBR 13.754: **Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante**.

NBR 13.755: **Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante**.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil** / Daniel Ferreira Oliveira.

PIANCASTELLI, E. M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1998.

PINA, Gregório Lobo de. **Patologia nas habitações populares**. Rio de Janeiro, 2013.

RESENDE, Maurício M.; BARROS, Mércio M. S. B; MEDEIROS, Jonas S. **A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios**.

RIGHI, G. V., **Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenção e correções – análise de casos**. 2008.

SANTOS FILHO, Vamberto M.; SPOSTO, Rosa M.; MELO, Jéssica S. **Ferramenta para projeto de vedações verticais externas com base nas exigências da norma de desempenho**. Goiânia, 2014. Disponível em: <http://revistas.ufg.br/index.php/reec/article/view/28169/16831>. Acesso em: 06 de abril de 2022.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações**. Belo Horizonte, 2008.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifício: Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1989.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991.

VITÓRIO, J. A. P., RAMOS, J. R. – **Inspeção e Diagnóstico para Recuperação de Pontes Rodoviárias – 2002**.

CAPÍTULO 19

AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS NA HABITAÇÃO POPULAR

EVALUATION OF PATHOLOGIES IN POPULAR HOUSING

Wbiracy de Jesus Ferreira Costa Júnior¹

Isabela de Carvalho Colins¹

Daniel Maia de Carvalho²

1 Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Professor, Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A questão habitacional popular no Brasil tem uma importância grande para a economia e desenvolvimento da engenharia, sobretudo nessa última década, com programas de governos federais e estaduais que aceleraram a construção e quantidade de projetos habitacionais. Contudo, verifica-se que a qualidade desses empreendimentos não acompanhou o crescimento, assim este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de comparações e exemplos, a qualidade técnica desses empreendimentos, por meio de uma revisão bibliográfica, revisando estudos e verificando trabalhos de autores que discutiram sobre o assunto. Com isso, observou-se que o desenvolvimento desses projetos também desenvolveu a engenharia brasileira, resultando em políticas e conceitos que elevaram a qualidade nas construções, agregando valor às obras e conhecimento aos envolvidos, contudo, é uma via de mão dupla, na medida em que aumenta as construções, deve haver também investimentos para anular problemas de patologias que ainda surge em muitos imóveis já finalizados, problemas que devem ter atenção por parte de quem projeta, para finalidade de estudos e prevenir futuros erros mais graves nas edificações.

Palavras-chave: Habitação, Empreendimentos, Construção, Patologias.

Abstract

The popular housing issue in Brazil is of great importance for the economy and development of engineering, especially in the last decade, with federal and state government programs that accelerated the construction and number of housing projects. However, it appears that the quality of these projects did not follow the growth, so this work aims to analyze, through comparisons and examples, the technical quality of these projects, through a literature review, reviewing studies and verifying works by authors who spoke on the subject. With this, it was observed that the development of these projects also developed Brazilian engineering, resulting in policies and concepts that raised the quality of constructions, adding value to the works and knowledge to those involved, however, it is a two-way street, insofar as that increases construction, there must also be investments to eliminate problems of pathologies that still arise in many properties already completed, problems that must be paid attention by those who design, for the purpose of studies and prevent future more serious errors in buildings.

Keywords: Housing, Enterprises, Construction, Pathologies.



1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil avança a cada dia que passa, com novas tecnologias e parâmetros que visam assegurar mais qualidade aos serviços entregues, porém, apesar das inovações, o setor ainda sofre com infortúnios e danos causados em diversas estruturas, até mesmo em edificações recém construídas, gerando ainda mais gastos aos agentes envolvidos com manutenção e reparos fora do cronograma inicial nos empreendimentos, mas que com um controle adequado nas fases da obra, esses danos podem ser combatidos.

Habitação popular tem sido cada vez mais importante para elevar os índices na construção e engenharia civil deixando o setor em uma posição de destaque na indústria, agregando conhecimento incentivado por diversas instituições, o que gera uma melhoria, ainda que tímida, na habitação popular.

Considerando que o surgimento de patologias é recorrente em edificações, elevando os gastos causados pelos danos e outros transtornos, surge a questão: como combater o surgimento de patologias nas edificações?

Esse trabalho foi pautado na busca de entender o contexto da habitação popular e seus eventuais problemas, e para isso vê-se a sua consolidação histórica no Brasil, passando por projetos e políticas nacionais relevantes para esse tema, que resultaram no cenário da construção civil no Brasil, com suas evoluções tecnológicas e econômica, mas também ainda persistindo erros de projetos e construção, e sobretudo, será analisado as condições desses empreendimentos, a execução na construção dos mesmos.

Este trabalho foi executado na forma de uma revisão bibliográfica, regrado nas ideias e pesquisas de diversos autores nacionais, de forma clara e objetiva, importantes para o tema em questão, e ainda analisando, e eventualmente, adicionado informações de sites oficiais.

2. HISTÓRICO DA POLÍTICA HABITACIONAL DO BRASIL

Qualquer país do mundo que queira se desenvolver como nação próspera é fundamental investir na política habitacional, no Brasil não foi diferente, é um grande desafio desenvolver a qualidade habitacional, com técnicas que melhorem as construções, que busquem a padronização dos projetos de engenharia, reduzindo os gastos e tornando os projetos mais viáveis economicamente, otimizando os serviços prestados no setor (SOUZA, 2019).

Ainda no século XX surgiram os primeiros projetos, voltados para o desenvolvimento da habitação e urbanização do país, que tinha como objetivo principal a diminuição do alto déficit habitacional. Nesse contexto, pode ser citado a criação do Banco Nacional de Habitação (BNH), empresa do setor público criada durante o regime militar em 1964 e que

tinha como finalidade principal o financiamento, a produção e a construção de novos empreendimentos imobiliários. O BNH foi responsável pelo desenvolvimento e construção de milhares empreendimentos habitacionais pelo Brasil e assim tornou-se uma das principais instituições votadas para combater o problema do déficit de moradias (SOUZA, 2018).

Entretanto, o Brasil ainda não estava bem preparado para essa nova etapa de investimentos na moradia popular, principalmente para financiar esses novos empreendimentos, especialmente ao se conceder um subsídio dessa magnitude aos mutuários sem nenhuma outra medida compensatória da receita, agravando-se o já existente déficit do Sistema Financeiro de Habitação (SFH), isso fez com que as famílias de baixa renda, público alvo desses subsídios e financiamentos, se endividassem ainda mais (MORIMITSU, 2007).

De acordo com Marimitsu (2007) esses ares de crescimento, quantitativo e qualitativo, do sistema habitacional para os menos favorecidos não perdurou muito, logo depois da extinção do Banco Nacional da Habitação (BNH), houve o fechamento do mercado.

Após a extinção do BNH no ano de 1986, a política de habitação brasileira passou por um período de instabilidade até o final dos anos 90, quando iniciou uma fase de investimentos governamentais para atender a questão habitacional, como a criação do ministério das cidades (2003), que passou a executar a gestão voltada a habitação, visto que a criação desse ministério ampliou as propostas de projetos de moradia e dando mais serenidade aos processos de construção e projetos dos empreendimentos (BONDIKI, 2008).

Segundo Bondiki (2008) a virada do século trouxe novas tecnologias e políticas de controle da qualidade de obras habitacionais e também a tentativa de reduzir o déficit habitacional, que com base no censo de 2000, a necessidade de novas moradias em todo o país é de 6,6 milhões, sendo 5,4 milhões na área urbana e 1,2 milhões de moradias necessárias na zona rural. Apesar das inúmeras políticas de habitação em várias décadas, ainda havia uma alta taxa de falta de moradias, mostrando a incapacidade de um projeto que de fato resolva a questão da habitação e que qualifique os empreendimentos de acordo com as regras e técnicas de engenharia, indispensáveis para que um projeto seja bem executado.

Surgiram então os primeiros projetos de habitação pelo país buscando a urbanização e a redução do déficit de habitação. Foi quando se originou o Banco Nacional de Habitação, como dito acima, empresa do setor público, originada no regime militar que previa o financiamento dessas obras (MATHEUS, 2019).

Segundo Tairone (2012) após a extinção do BNH, suas responsabilidades foram transferidas para a Caixa Econômica Federal, porém a área de habitação e sua fiscalização, continuaram vinculadas ao Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (MDU). Contudo, em 1987 esse ministério foi transformando no ministério de habitação.

Em 2007 houve um grande avanço para o setor da construção e engenharia, com o programa de aceleração do crescimento, buscando promover a construção de grandes obras de infraestrutura, e dentre essas obras, estão as obras de empreendimentos habitacionais (TAIRONE, 2019).

Anunciado em janeiro de 2007, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), é



um programa nacional do governo federal que visa o desenvolvimento de grandes obras de engenharia, com previsão de investimentos de ordem de R\$ 503 bilhões de reais, para o período de 2007 a 2010, em diversas áreas da economia brasileira e em 2008 o governo federal anunciou o aumento de recursos destinados ao programa, que passou a ter mais capital para os investimentos (RODRIGUES; SALVADOR, 2011).

De acordo com Rodrigues e Salvador (2011) no setor de habitação e urbanização, porém, o PAC não assistiu com a devida atenção, houve investimentos de apenas R\$ 300 milhões, em relação a todo o montante investido no programa, na construção de moradias, em todo o país, não sendo o suficiente para atender a demanda que somente cresce, também houve poucas ações voltadas para setores de apoio à habitação, como saneamento e recursos hídricos.

Outro programa no setor de construção civil habitacional, é o Plano Nacional de Habitação (PNH), com a participação e sob a vigilância da secretaria Nacional de habitação, órgão ligado ao Governo Federal, com o apoio do PlanHab (Plano de Habitação), sendo esse plano um dos instrumentos mais relevantes do plano de habitação de ordem nacional (BONDUKI; ROSSETO, 2004).

De acordo com Bonduki e Rosseto (2004) esse plano tem como finalidade principal, planejar as ações públicas e privadas, para um período de aproximadamente 15 anos corridos, formular uma estratégia que permita resolver as necessidades habitacionais do país, com o objetivo de garantir construções mais adequadas e de qualidade, para unificar um padrão de qualidade nas obras voltadas à habitação. Todavia, não se trata de um objetivo fácil para ser alcançado, principalmente no Brasil, que tem grandes desigualdades e um grande território nacional, o que torna difícil manter a qualidade dessas obras habitacionais em todo o país, tendo um grande desafio o programa nesse sentido

Também com o objetivo de melhorar a qualidade de obras habitacionais populares, foram criadas diversas legislações regionais que regulamentam as condições de construções desses empreendimentos, e analisam a qualidade dos materiais utilizados nas obras, em seus municípios (MATHEUS, 2019).

De acordo com Matheus (2019) a maioria das grandes cidades já têm definidas suas regras de qualidade e construção para seus empreendimentos populares, contudo ainda pequenos municípios sofrem com essa problemática, resultando em consequências desagradáveis para seu espaço de uso público, deixando ocupações populares de moradia sem um padrão definido.

No início dos anos 2000, foi criado o projeto de moradia que teve a proposta formulada pelo Instituto da Cidadania, com base nas políticas habitacionais e urbanas do governo e havia o compromisso de a médio prazo equacionar o problema de moradia no país e buscava a participação de todos os setores dentro do projeto (BONDUKI, 2008).

Desde o início, as orientações eram de que todas as instituições da sociedade fariam parte do novo projeto, como as universidades e empresas do setor privado, e tinha como objetivo transformar o conceito de moradia a nível nacional, visando em um prazo determinado pelo projeto, a garantia de todos a uma moradia com qualidade técnica, com isso o projeto indagava profissionais da área de construção e urbanização para recolher ideias

e propostas inovadoras que resolvessem e melhorassem a qualidade nas construções habitacionais populares (BONDUKI, 2008).

3. ORIGENS E COMBATE DAS PATOLOGIAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo Pina (2013) as patologias encontradas em edificações podem ser definidas como sendo um conjunto de várias manifestações patológicas que surgem no decorrer da fase de execução ou ainda são adquiridas ao longo dos anos de existência do empreendimento e que interferem e prejudicam o desempenho que é esperado de uma estrutura e as demais partes que à compõem.

Nesse sentido, não se deve confundir esses dois conceitos, patologias e manifestações patológicas, uma vez que tem-se patologia como um estudo que tenta explicar a origem de tudo que envolve a decomposição de uma edificação, enquanto que manifestação patológica é definida como sendo um conjunto de ideias que procuram explicar a degradação e suas causas (PINA, 2013).

De acordo com Erat, Bratfish, Raitz e Floriani (2016) as edificações têm um ciclo de vida pré-determinado, porém alguns parâmetros podem acelerar ou retardar seu tempo de vida útil. Estudos mostram que existem três requisitos básicos para se obter qualidade na construção: um projeto bem elaborado, a própria construção bem executada e reparos à medida que o tempo exige.

Na maioria das vezes, os agentes que aceleram o aparecimento de patologias são o volume excedente de cargas na estrutura, variação de umidade e temperatura. A utilização de materiais de qualidade duvidosa ou incompatível com o serviço que está sendo feito também pode causar patologias, como disposto na figura 1. Uma outra causa que gera o surgimento de patologias nas edificações são os agentes biológicos do meio externo (ERAT; BRATFISCH; RAITZ; FLORIANI, 2016).



Figura 1 – Ocorrência de manchas características de umidade
Fonte: Fórum da Construção (2020)

Como dito acima, um desses problemas que surgem nas edificações e que leva ao aparecimento de patologias é a umidade em determinados pontos e isso deve-se, geralmente, ao acúmulo de água, que se comporta como sendo o maior agente degradante para estruturas de construção civil. Segundo estudos na Noruega, a umidade e problemas relacionados à água correspondem aproximadamente a 76% das alterações negativas de uma construção. Organização Mundial de Saúde (OMS) constatou que entre 75% a 80% das patologias que danificam o invólucro de uma edificação tem em suas origens a umidade (CARVALHO; PINTO, 2018).

De acordo com Carvalho e Pinto (2018), quando se fala em umidade no âmbito da construção civil, acaba sendo utilizado em diversos casos como sinônimo de definição para problemas relativos à água em seus mais variados estados, formas de manifestação e destruição que são causados à edificação. Nesse sentido, o Instituto de Medicina dos Estados Unidos diz que os termos mais utilizados para apresentar a umidade em construções são “manchas úmidas” e “umidade visível”, como ilustrado na figura 2.



Figura 2 – Umidade na alvenaria
Fonte: Fórum da Construção (2020)

Outro fator que está causando o surgimento de muitos danos nas edificações é a utilização de materiais de baixa qualidade em diversos empreendimentos, e ligados a isso, a utilização de mão de obra com baixa qualificação, muitas vezes até profissionais de fora do setor, o que gera a estrutura danos em partes como pilares, paredes, pisos etc. (SOUZA, 2014).

Segundo Souza (2014) problemas que originam patologias devido à baixa qualidade dos materiais empregados na obra são muito comuns, sobretudo nas construções de baixa renda, e colocam a durabilidade em risco, diminuindo a resistência dos serviços executados e reduzindo a vida útil da edificação.

Ainda segundo Souza (2014), para melhorar a qualidade e reduzir essas patologias, a escolha dos materiais empregados e as técnicas de construção devem estar de acordo com o especificado no projeto, com isso a necessidade dos usuários será atendida e será garantida a manutenção de suas propriedades e as características iniciais da edificação.

Assim, no momento da escolha dos materiais e as especulações dos mesmos, são necessárias informações técnicas e úteis para que um determinado tipo de material utilizado responda com a devida qualidade às suas condições de serviço.



Figura 3 – Rachadura
Fonte: Plantas de Casas (2020)

Nos casos de umidade, para que seja reparado o dano e sejam minimizadas as patologias é indicado a correta execução do sistema de canalização interna, aumento da inércia térmica entre as paredes através de ventilação dos cômodos, na hora de preparar a argamassa deve-se ter atenção a dosagem e traço, execução de rebaixos em rolos para evitar o acúmulo de água e verificar a proteção do canteiro de obras no momento da construção para evitar a infiltração de água da chuva (CARVALHO; PINTO, 2013).

Outra forma de proteção a possíveis umidades é o próprio reboco, que tem a função de regularizar falhas ocorridas na execução da alvenaria, protegendo a parede contra ações externas que possam causar danos. Por isso que as argamassas utilizadas nos revestimentos devem possuir características como durabilidade, trabalhabilidade e capacidade de impermeabilização (SILVEIRA, 2018).

Outra patologia muito comum nas edificações é o aparecimento de fissuras em paredes e fachadas, internas e externas, ocasionadas por fatores como a retração da argamassa por excesso de finos nos agregados ou excesso de água no momento do preparo, excesso de cargas em locais não apropriados e variações de temperatura. A solução para as trincas e fissuras é instalação de vergas e contra-vergas em locais em que o vão é muito grande, ou a construção de pilares em paredes para fornecer mais resistência à estrutura em que houve o surgimento da fissura (CARVALHO et al., 2017).

4. QUALIDADE TÉCNICA NAS HABITAÇÕES POPULARES

De acordo com Pina (2013) quando o assunto é a qualidade nas unidades habitacionais, sobretudo em relação as patologias, que nas estruturas de construção civil diz respeito ao baixo desempenho da mesma, no que refere-se a instabilidade, estética, sua

viabilidade e, principalmente, a vida útil do empreendimento, colocando em risco sua durabilidade, em face às condições que está sujeita a estrutura.

Segundo Carvalho et al. (2017), devido a uma alta demanda na área da construção civil, com foco na habitação, a preocupação para cumprir prazos mais curtos para entregar as obras, está ligado à falta de controle mais rigoroso e tecnológico dentro das obras e ainda a deficiência de fiscalização adequada, são fatores que contribuem para o surgimento dessas patologias criando assim, problemas não previstos em diversos empreendimentos, caracterizado pelas falhas em todas as fases da obra.

Essas patologias manifestam-se em vários pontos das edificações já entregues aos clientes, como nas fachadas dos imóveis, as alvenarias perdendo as tintas ou o revestimento aplicado, aparecimento de fissuras ao longo da estrutura, sendo esta a patologia mais comum na maioria dos casos estudados, também pode-se analisar o sistema hidráulico mal executado, ocasionado infiltrações tanto na parte interna quanto na área externa, gerando gastos para sanar esses vícios, que surgem nos pontos em que há algum erro (CARVALHO et al., 2017).

Para que isso não venha ocorrer, as construtoras devem investir parte dos seus recursos financeiros para se adequar aos planos e certificados que asseguram a qualidade de seus projetos, afim de prevenir que essas patologias sejam reduzidas ou até mesmo sanadas, construindo uma edificação que será mais valorizada pelos seus clientes e o mercado (PINA, 2013).

Em muitos casos de problemas que surgem na edificação, as falhas e erros começam durante a fase de concepção do projeto (figura 4), ou seja, na fase da elaboração do projeto. É nessa fase que os projetistas definem as características esperadas dos produtos empregados na construção. São realizados os estudos das condições que a estrutura será exposta, sem deixar de fora a mais importante característica de um projeto de construção, que é a viabilidade da mesma, porém alguns erros nessas fases podem colocar a qualidade em risco, como falhas no estudo preliminar, falhas no anteprojeto, erro no estudo final do projeto de engenharia, conseqüentemente errando também os cálculos estruturais (PINA, 2013).

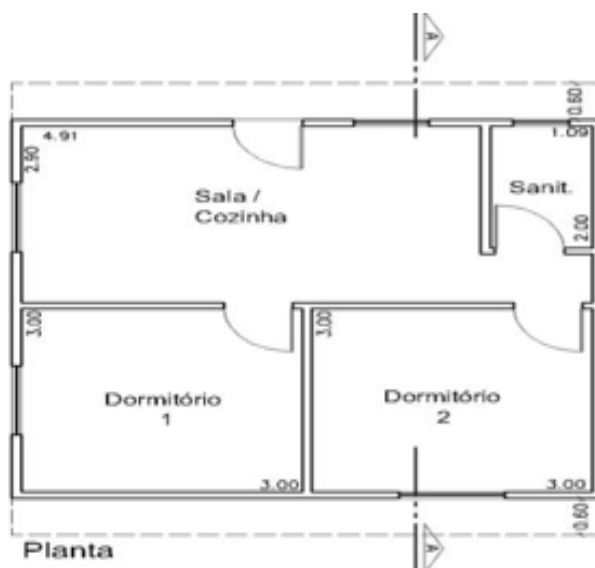


Figura 4 – Planta baixa – Casa popular
Fonte: ResearchGate (2020)

Em um estudo realizado no conjunto habitacional Residencial Tenente Coelho, de padrão popular, na cidade de Juazeiro do Norte (CE), foram observadas diversas patologias nas unidades do conjunto, como infiltrações de água proveniente das chuvas, ocasionado fissuras (figura 5) na parte inferior das alvenarias, seguido de manchas, o que pode ser observado que foi causado pela umidade do local, e gerando o aparecimento de bolotas. As possíveis causas do surgimento das manchas escuras, são a presença de água de modo constante no local da patologia, isso ainda é devido a outro erro, que o projeto não contemplou a presença de raios solares no local da umidade. Outra possível causa é o uso de tintas de baixa qualidade a base de óleo, que não adere bem ao cimento (CARVALHO et al., 2017).



Figura 5 – Fissuras em alvenaria
Fonte: Mão na Roda (2019)

Dessa forma, muitas construções apresentam condições impróprias de moradia por apontarem um conjunto de problemas que surgem ao longo do tempo nessas edificações, sendo que não são aparições normais, mas sim, decorrentes de falhas de projeto ou deficiência durante a fase de execução das obras, elevando os gastos com o projeto (SILVEIRA, 2018).

De acordo com Silveira (2018) outra patologia comum é o descobrimento da armadura do concreto (concreto armado), ocorrendo o desgaste do concreto precocemente, reduzindo a durabilidade e segurança da estrutura. Isso pode ser causado pelo nível de porosidade (relação água-cimento do concreto) ou causado pela falha na execução do serviço, na hora de informar as vigas e pilares, surgindo o perigo de que a estrutura rompa sem avisos prévios, como ilustra a figura 6. O concreto descoberto deixa ele livre para ações de elementos externos, como o efeito de corrosão, causado pelas partículas de sal, típicos de cidades que ficam próximas ao mar.



Figura 6 – Concreto desgastado

Fonte: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento de Arquitetura (IBDA) – Fórum da Construção (2022)

De acordo com Silveira (2018) a maioria dessas patologias surgem durante a utilização dos imóveis, causando ainda mais transtornos. As manifestações dessas patologias têm várias causas, como a negligência no uso do imóvel, seja pela falta de conhecimento dos ocupantes ou a falta de uma manutenção adequada a realidade de cada local. As construtoras têm orientado para melhorar o uso.

Segundo Pina (2013) a maioria das patologias tem como causa condições externas, como as variações do clima, temperatura, problemas na fundação e outras causas.

Um outro caso, vistoriado por uma reportagem, no conjunto habitacional Vale dos Buritis no município de Cruzeiro do Sul (AC), em que lamentavelmente, no período de apenas quatro meses depois das entregas das unidades, já não estava em condições de moradia, devido a problemas no piso, causado em decorrência da qualidade do material utilizado, que é feito de madeira, o que segundo os estudos, esse tipo de madeira utilizado para revestimento do piso somente é adequado para fase da construção, como apoio para fôrmas de concreto (SILVEIRA, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da fundamentação teórica apresentada neste trabalho, em pauta ao tema exposto, a construção de empreendimentos imobiliários e a busca da avaliação e análise de manifestações patológicas, foi possível compreender que ainda há muito onde prosperar as habitações populares, em relação a qualidade estrutural, para que as patologias apresentadas e estudadas sejam reduzidas ou anuladas nas edificações.

As patologias causam danos, alguns até mesmo irreversíveis, e geram dificuldades para serem reparadas, assim com o objetivo apresentado no trabalho, foi constatado que existem diversas soluções para as patologias apresentadas e tomadas de decisões que visam prevenir as ocorrências desses defeitos nas estruturas, opção está vista como a

mais viável para anular os possíveis futuros gastos com manutenção e reparos, já que há técnicas construtivas para isso.

Contudo, como foi estudado, devido à complexidade desse setor e o grande número de pessoas e instituições envolvidas, é difícil padronizar a qualidade e assegurar que todos os empreendimentos tenham um bom padrão de engenharia.

Desde o início do trabalho, a ideia foi avaliar as origens, danos e soluções causadas pelas patologias ocorridas nas edificações de construção civil popular, contudo, sabe-se que a tecnologia evolui constantemente, e na construção civil não é diferente. Nesse sentido, espera-se que novos estudos sobre esse tema sejam realizados, e dessa forma, consolidem os resultados da literatura já existente.

Referências

BONDUKI, Nabil. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula**. São Paulo, 2008.

BONDUKI, Nabil; ROSSETO, Rossella. **O plano nacional de habitação e os recursos para financiar a autogestão**. Brasil, 2008.

BRASIL. Governo Federal. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa Minha Casa, Minha Vida (MCMV)**. Disponível em: www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/minha-casa-minha-vida/programa-minha-casa-minha-vida-mcmv, acesso em 28 de março de 2022.

CAMPOS, Tairone da Silva. **Habitação popular: da autoconstrução ao compromisso social do arquiteto**. Juiz de Fora, 2017.

CARVALHO, Nayany Cardim de; GUIMARÃES, Mabel Gomes; CASTILLO, Leonardo Augusto Gómez. **Desenvolvimento de alternativas sustentáveis para habitação de baixa renda**. São Paulo, 2008.

CARVALHO, Yaskara Nayara Pereira; LEANDRO, Felipe Sales; JÚNIOR, Francisco Célio Nogueira Gomes; LÊU, Antonio Alex Matias; SILVA, Ursula Raianny Lacerda. **Manifestações patológicas com foco em fachadas de conjunto habitacional de baixa renda na cidade de Juazeiro do Norte/CE**. Recife, 2017.

CARVALHO, Yuri Mariano; PINTO, Vivian Gemiliano. Umidade em edificações: conhecer para combater. **ForScience: revista científica do IFMG**, Formiga, v. 6, n. 3, e00476, jul./dez. 2018.

ERAT, Djuli; BRATFISCH, Maicon; RAITZ, Naiara; FLORIANI, Ricardo. **Análise de patologias da construção civil**. Santa Catarina, 2016.

MORIMITSU, João Carlos Batista. **Desafios da habitação popular no Brasil: políticas recentes e tendências**. Brasil, 2007.

PINA, Gregorio Lobo. **Patologia nas habitações populares**. Rio de Janeiro, 2013.

RODRIGUES, Taíla Albuquerque; SALVADOR, Evilasio. **As implicações do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) nas Políticas Sociais**. Brasília, 2011.

SILVEIRA, Verônica Costa. **Habitação popular no Brasil: Avaliação de patologias no Residencial Jomar Moraes em São Luís – MA**. São Luís, 2018.

SOUSA, Arthur Pimenta. **Levantamento de patologias em obras residenciais de baixa renda devido à ausência de controle tecnológico de materiais**. Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, Matheus Leonel Ferreira de. **A importância do poder público na qualidade arquitetônica dos empreendimentos Minha Casa Minha Vida**. Belo Horizonte, 2019.

CAPÍTULO 20

A IMPORTÂNCIA DA SUSTENTABILIDADE NA ENGENHARIA CIVIL

THE IMPORTANCE OF SUSTAINABILITY IN CIVIL ENGINEERING

Andréa Rakel Sousa Pereira¹

Josana Diniz Ribeiro²

1 Engenheira Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

2 Engenharia de Produção, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo abordar sobre a sustentabilidade na construção civil pois os impactos causados pela mesma é a grande problemática atualmente e com isso este trabalho visa contribuir para a conscientização das empresas do ramo da construção civil como também da sociedade em relação aos resíduos naturais e novas formas de construir, apresentando ações sustentáveis que minimizem os impactos na construção civil. Foi elaborada através de pesquisa bibliográfica baseando-se em autores que dissertam sobre o tema abordado, buscando informações e dados que mostrem o cenário atual da sustentabilidade no país, os impactos que o meio ambiente e a sociedade sofrem e as práticas que promovam uma diminuição dos impactos causados pela construção civil buscando sempre um equilíbrio entre os avanços tecnológicos, o meio ambiente e a sociedade (Tripé da Sustentabilidade) que prega uma gestão além dos resultados mais também focada nos impactos gerados pelas empresas da construção, que é responsável por grande parte da produção de resíduos e consumo dos recursos naturais, gerando assim a chamada Responsabilidade Social.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Construção Civil, Meio ambiente, Impactos ambientais.

Abstract

This research aims to address sustainability in civil construction because the impacts caused by it is the major problem today and with that this work aims to contribute to the awareness of companies in the field of construction as well as society in relation to natural waste and new ways of building, presenting sustainable actions that minimize impacts on civil construction. It was elaborated through a bibliographic research based on authors who talk about the topic addressed, seeking information and data that show the current scenario of sustainability in the country, the impacts that the environment and society suffer and the practices that promote a reduction of impacts caused by civil construction, always seeking a balance between technological advances, the environment and society (Tripod of Sustainability) that preaches a management that goes beyond the results but also focused on the impacts generated by the construction companies, which is responsible for a large part of the production of waste and consumption of natural resources, thus generating the so-called Social Responsibility.

Keywords: Sustainability, Construction, Environment, Environmental Impacts.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade engloba diferentes setores da sociedade, tem como objetivo alcançar um modelo de equilíbrio econômico, ambiental e social. A construção civil é um dos setores que mais gera resíduos principalmente devido ao uso e descarte de materiais de forma incorreta tendo como consequência muitos impactos ambientais. Com isso o termo sustentabilidade vem tomando bastante espaço nos últimos anos provando discursões sobre o desenvolvimento e práticas mais sustentáveis em vários campos que benéfica a todos.

A grande evolução dos centros urbanos está muito ligada à construção civil, sendo assim, se torna necessário que a sociedade tenha conhecimento de práticas de menor impacto ambiental tornando-as menos prejudiciais. A partir da prática desse modelo de desenvolvimento temos como consequência uma melhoria na qualidade de vida, uso mais responsável dos recursos naturais. Esse novo desenvolvimento está muito ligado as construções, atividades e serviços das áreas urbanas.

Em contrapartida ainda não se tem um entendimento amplo da importância dessa nova forma de construir e nem de como praticá-la, a partir disso temos uma problemática: De que forma ações sustentáveis podem minimizar ou até eliminar impactos na construção civil? Com essa questão pode-se discutir e apresentar técnicas que possibilitam a execução de projetos mais enxutos com novas ideias em relação as atuais formas de construção, trazendo maior custo benefício e menor impacto ambiental.

A pesquisa tem como objetivo compreender como ações sustentáveis podem melhorar a construção civil baseando-se nos conhecimentos existentes sobre os fundamentos da sustentabilidade no panorama atual relacionados ao modelo econômico, estudo de métodos gerias que promovam o conhecimento dos mesmos e apresentar formas de gestão de políticas para implantação da sustentabilidade nos empreendimentos de construção civil.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes bases de dados (livros, sites de banco, etc.) "Google Acadêmico", "Livro: Economia do meio Ambiente", etc.... O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chaves utilizados na busca foram: Sustentabilidade, "Construção Civil", "Meio ambiente", "Impactos ambientais".

2. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A definição de sustentabilidade foi proposta na década de 80 com o objetivo de mostrar novas formas de utilização dos bens da natureza e assim melhorar a qualidade de vida no planeta. Elaborada pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMD) o relatório Brudtland propõe um conjunto de iniciativas que buscam o uso

responsável dos recursos naturais.

Segundo a CMMD (1991), sustentabilidade orienta o homem para que suas ações em relação ao meio ambiente sejam voltadas para equilíbrio e que a sociedade viva em um ambiente próspero geração após geração, trazendo também princípios de justiça, ética para que a sociedade global busque inspirar todos os povos para um desenvolvimento pacífico, sustentável e responsável.

A engenharia sustentável é definida como o projeto de sistemas humanos e industriais que visa a garantir que o uso dos recursos e ciclos naturais pela humanidade não leve à diminuição da qualidade de vida, devido à perda de oportunidades econômicas futuras ou aos impactos adversos nas condições sociais, na saúde humana e no meio ambiente¹.

De acordo com Mihelcic (2003), a sustentabilidade precisa de três elementos: meio ambiente, economia e sociedade; formando a tríplice ambiental, essa definição mostra um papel para os engenheiros que devem compreender o contexto dessas pautas, porque tem um impacto direto no desenvolvimento de projetos urbanos, tecnologia e produtos diversos que causam mudanças em toda a sociedade. Para Oliveira e Vieira (2008) "sustentabilidade é uma construção dinâmica que envolve quatro dimensões: dimensão ética, temporal, social e prática; é um pacto de atores sociais". Conforme Lima (2006), o conceito de sustentabilidade está voltado para as características que trazem questões sociais, ambientais e econômicas.

Ainda que se tenha pontos de vista diferentes do que é a sustentabilidade, todos buscam meios para o uso dos recursos naturais de forma que minimizem os danos ambientais, formas de adaptação e reaproveitamento garantindo a renovação desses recursos para as futuras gerações.

O desenvolvimento sustentável é um termo que surgiu em meio controvérsia entre o crescimento econômico e meio ambiente levantado pelo relatório do Clube de Roma. Ele surgiu como um conceito que reconhece que o processo econômico subestima os limites da natureza mesmo sendo necessário não é o suficiente para melhorar a vida social.

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas, 2016) tem como sustentabilidade: "aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades". Ela é alcançada através de um modelo de equilíbrio econômico, ambiental e social.

Esse equilíbrio está influenciando o mundo dos negócios a buscar benefícios econômicos que tragam melhorias ambientais. Trazendo uma visão mais inovadora e lucrativa para o ramo gerando crescimento. A construção civil vem de um período em que o foco era o aumento de lucros e expansão, porém as empresas tendem a acompanhar a evolução da sociedade da qual faz parte.

As questões que envolvem o meio ambiente vêm se tornando cada vez mais debatida, os resíduos gerados a partir de uma construção por exemplo virou pauta em diversos palcos de discursão sobre o meio ambiente e economia. Para Manzini e Vezzoli (2005) a

1 Engenharia ambiental: Fundamentos, sustentabilidade e Projeto, p.203

sustentabilidade refere-se a condições em nível regional nas quais as atividades humanas não devem interferir nos ciclos naturais, que servirá para o futuro.

O desenvolvimento sustentável tem como objetivo implementar medidas de controle das atividades existente na natureza seja física, biológica, econômica e social para que possam ocorrer de maneira harmoniosa. Atualmente as empresas presam pela questão ambiental compreendendo que assim torna-se mais bem vista no mercado e competitiva já que seus processos de produção se tornam mais eficientes. Porter (1989) afirmou que existem forças competitivas na área industrial: a ameaça de substitutos, entrada de concorrentes, poder de negociação dos compradores e poder de negociação dos fornecedores. E essas forças criam a rivalidade que determinam a rentabilidade da indústria influenciando os investimentos, sociais ou ecológicos, e preços.

No sistema convencional a economia sustentável é um problema de destinação de verbas entre recursos de consumo e investimentos por agentes econômicos, dessa forma temos a ação coletiva que é necessária para corrigir as falhas de mercado já que parte dos serviços ambientais (água, ar, absorção de dejetos, solo, etc.) são bens públicos, ou seja, não possuem preço.

Ademar Romeiro (2010), afirma que a qualidade ambiental não surgiu a partir do resultado de mercado, mas também devido as decisões coletivas que levam em consideração questões culturais e éticas no processo de discussão, planejamento e tomada de decisão em relação as intervenções na natureza.

Com o decorrer do tempo o homem passou a produzir, não somente para si, mas, também para terceiros. Sendo assim, surgiu a primeira forma de produção organizada e os primeiros artesões precursores da Revolução Industrial, a qual foi a divisora de água do sistema de produção, aumentando os impactos ambientais. Originada, inicialmente, por James Watt, em 1776, com a invenção da máquina a vapor que antecede a produção em massa (MARTINS; LAUGENI, 2005).

Com a Revolução Industrial a intervenção na natureza aumentou significativamente gerando grandes danos ambientais com seus avanços, avanços esses que afastaram a preocupação com os riscos desses danos e retardou o uso de técnicas e procedimentos mais sustentáveis. Essa capacidade de intervenção na natureza pelas atividades humanas abriu caminho para uma expansão em grande escala, fazendo com que os recursos naturais passassem a fazer parte da produção econômica de tal forma que a finitude desses recursos fossem uma restrição à sua expansão.

Essa revolução mudou a face da indústria com a mecanização das tarefas anteriormente executada de forma manual. Avanços tecnológicos foram importantes facilitadores da substituição de mão de obra por capital e permitiram o desenvolvimento de economias de escala (CORREA; CORREA, 2004)

A revolução trouxe máquinas, ferrovias, estradas, fábricas, capitalismo, áreas urbanas, mas também trouxe muitas questões ambientais como mudanças climáticas, consumo exacerbado, uso de energias não renováveis, efeito de ilha de calor, uso do concreto em canais e pavimentação, grande produção de lixo e muitas outras.

Nas décadas de 60 e 70 devido as mudanças culturais e climáticas, a consciência ambiental ganhou proporção e passou a ter mais espaço com um dos principais fundamentais para as empresas. Os gastos com gestão ambiental passaram a ser vistas como investimento e vantagens competitivas e não somente como um custo a mais ou para atender a legislação vigente.

Segundo o SEBRAE (2007), a gestão ambiental é questão de sobrevivência, tendo em consideração que hoje o meio ambiente faz parte do processo produtivo, fazendo com que o planejamento ambiental envolva principalmente a redução de custos. Essas questões ecológicas tem como objetivo incorporar a gestão empresarial nas empresas, programas preventivos e de reciclagem, medidas para reduzir o consumo de energia e de água no processo de construção e, para apoiar a prática dessas ações estão sendo desenvolvidas cada vez mais inovações tecnológicas.

Sousa (1993, apud KRAEMER, 2007) diz que as estratégias de “Marketing ecológica” visam melhorar a imagem das empresas com a criação de produtos e práticas “verdes” voltadas para a proteção e minimização dos impactos ambientais. Muitas empresas e os próprios profissionais da engenharia tem se mostrado cada vez mais abertas a esse tipo de gestão e que é possível ganhar dinheiro, gerar desenvolvimento e proteger o meio ambiente.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes para a gestão ambiental no Brasil, por exemplo a Resolução nº 307 regula a gestão de resíduos do setor da construção civil que proporcionar benefícios econômicos e ecológicos com sua reutilização ou reciclagem e redução dos impactos ambientais.

O número de campanhas realizadas com o objetivo de conscientizar a sociedade é cada vez maior. O Índice de Sustentabilidade (ISE) mede o retorno de uma carteira teórica composta por ações de empresas voltadas com responsabilidade e com a sustentabilidade, reúne 47 ações e somam R\$ 1,17 trilhões em valor de mercado.

De acordo com Pinheiro (2006), “tem surgido várias iniciativas para implantar à construção sustentável uma dessas é a centralização para edificações sustentáveis chamado de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)”, constituem em sistema que avalia o impacto ambiental da construção.

São recentes as iniciativas de algumas construtoras brasileiras de construir edifícios “ecologicamente corretos” mesmo com os indicadores sobre a redução de custos com geração com geração de energia, benefícios com o reaproveitamento da água. No Brasil, desde 2006 começou a ser construído os “edifícios verdes” assim chamados por serem projetos ecológicos, embora ainda sejam mais caros que os tradicionais vêm ganhando mais adesão entre os engenheiros e as empresas.

Ainda de acordo com Porter (1989), as exigências do mercado têm levado as construtoras a buscarem certificação tanto de qualidade e segurança quanto a gestão e responsabilidade ambiental, proporcionando maior competitividade além de benefícios a sociedade e ao meio ambiente com a diminuição dos impactos ambientais.

Atitudes de responsabilidade ambiental devem partir desde simples ações individuais



até grandes ações empresariais, como: Fazer coleta seletiva do lixo; economizar água sempre que possível; consumir produtos com certificação ambiental e de empresas que respeitem o meio ambiente em seus processos produtivos; utilizar eletrodomésticos com baixo consumo de energia; evitar o uso de sacolas plásticas; reciclar e utilizar produtos que provem da reciclagem.

E cabe as empresas criarem e implantarem sistemas de gestão ambiental na sua metodologia de trabalho, tratar e reutilizar a água dentro dos seus sistemas, criarem e optarem por produtos que provoquem poucos impactos ambientais, utilizar energias limpas e renováveis, tais como a eólica e solar, utilizar matérias-primas que partam dos princípios de responsabilidade ambiental, etc.

Nos últimos quarenta anos houve um aumento na preocupação no meio ambiente, trazendo sérios desafios que envolve o crescimento econômico, desenvolvimento da sociedade e proteção ambiental. As soluções mais importantes envolvem a engenharia que está relacionada à qualidade da água, o clima, o ar, a energia, tratamento de esgoto, materiais e construções, demandaram a integração de tecnologia, economia e políticas públicas. Hoje vive-se a revolução da sustentabilidade, mesmo com a pressão no meio ambiente sendo mais intensa devido a tecnologia e a população, a sociedade aos poucos está implantando essa nova era. Os engenheiros tem um importante papel nessa "revolução" com sua capacidade de gerenciar novos processos com o uso de técnicas e projetos sustentáveis. São fundamentais para o alcance do futuro mais limpo visando mais que somente desenvolvimento lucrativo e partir para visões que tragam tecnologias e projetos que considerem como base a sustentabilidade².

3. IMPACTOS AMBIENTAIS DA CONSTRUÇÃO

De acordo com Camargo, Copabiano e Oliveira (2015), "um dos maiores desafios da construção civil é a busca por equilíbrio da Tríplice bottom Line (Tripé da sustentabilidade)", que tem objetivo de pregar a gestão empresarial além dos resultados, e focar no impacto causado pela empresa no planeta, a aplicação desses três pilares diminuir os danos ambientes, gerar responsabilidade social e melhorar as condições climáticas.

A indústria da construção civil nos últimos anos vem sendo um indicador em relação aos recursos naturais por ser responsável pela produção de muitos resíduos e consumidores de água, energia elétrica, madeira e outros recursos que poluem e geram outros danos ao meio ambiente. (AZZI; DUC; HA, 2015).

Fencker (2015), afirma que as mudanças de estilo de vida e os grandes avanços tecnológicos e econômicos degradam a natureza. Com o intuito de frear esse uso irresponsável dos recursos naturais, no ano de 2015 foram firmados compromissos, tentativas de reverter os danos ambientais. Dessa forma o setor da construção civil tem um importante papel no cumprimento dos objetivos do desenvolvimento sustentável já que representa grande parte da economia mundial a qual influencia a sociedade e o meio ambiente.

A indústria da construção aqueceu o mercado nos últimos anos e com isso gerou um

2 Engenharia ambiental: Fundamentos, sustentabilidade e Projeto, p.205

aumento no consumo de matéria-prima de energia elétrica, de água e desgaste do solo. O calcário e a argila são matérias-primas do cimento sendo o calcário a principal, sua extração é o feito de rochas através do uso de explosivos, que são colocados em locais pré-determinados, a partir de estudos geológicos.

O impacto ambiental vem com processo de mineração que é uma atividade que possui características degradantes ao meio ambiente sejam elas primitivas ou modernas causam perdas da qualidade ambiental da área. Outro fator que causa danos é a geração de resíduos também conhecido como "entulho".

Como no exemplo da norma 10.004 que diz, "Os resíduos sólidos devem ser classificados de acordo com seus riscos a natureza e a saúde da sociedade tendo cada um seu descarte adequado. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (NBR10004:2004)

O entulho possui características físicas variadas pois são resultantes de construções, demolições e manutenções originado nas mais variadas etapas da atividade industrial e civil. Pode ser constituído de vários materiais como: madeira, concreto, rochas, plástico, asfalto, aço, areia, tijolos, etc. A geração de Resíduo de Construção e Demolição (RCD) ou entulho foi dada em cerca de 65 milhões de toneladas, no Brasil são gerados 230 a 760 kg/hab que corresponde a cerca de 70% de lixo urbano do país por ano.

Os impactos ambientais pelo setor da construção podem ser observados em todas as etapas de produção desde a extração de matéria-prima até na produção onde são consumidos 220 milhões de toneladas de agregados naturais (JONH, 2007). O crescimento populacional e as mudanças de vida aumentaram o uso dos recursos naturais para a fabricação de bens e serviços.

Bark et al. (2015), argumentam que o extremo uso dos recursos está ligado a geração de resíduos de origem industrial, urbano, construção civil, doméstico e de outros setores. Na construção o maior fluxo de resíduos vem do canteiro de obras representando mais de 50% dos resíduos urbanos. O Programa das Nações Unidas (PNUMA, 2016) criou uma pirâmide que representa a priorização na gestão de resíduos sólidos, onde mostra a necessidade da responsabilidade pela vida útil do produto a aplicação da logística reversa.



Figura 1: Priorização na Gestão de Resíduos Sólidos
Fonte: Adaptado de Pnuma (2016)

Associação Brasileiro de Empresas de Limpezas Públicas e Resíduos Especiais – ABRELPE (2014), coleta cerca de 45 milhões de toneladas por ano, pensando na destinação final esse montante tende a ser maior, já que a ABRELPE recolhe resíduos de logradouros públicos, portanto não incluem RCD de empresas privadas.

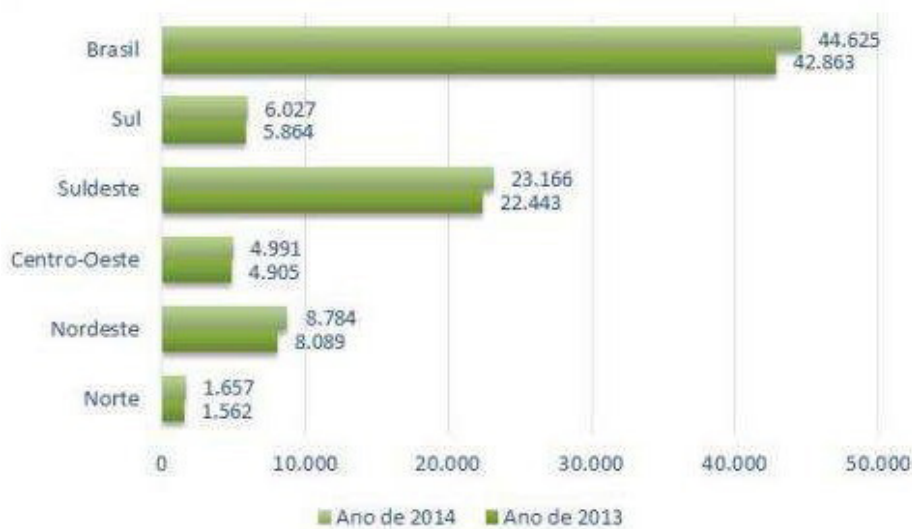


Figura 2: RCD Coletado Brasil e Região (Tx1000/ano)
Fonte: Adaptado de ABRELPE (2014)

O setor da construção ainda não tem a consciência da quantidade e nem do tipo de resíduos gerados em um projeto ou de como deve ser gerenciado. Dessa forma as empresas acabam direcionando seu planejamento apenas a estimativa de quantidade total de RCD.

Fiorentino et al. (2015) observa que o mesmo sistema de gestão é utilizado para todos os projetos sem levar em consideração as características particulares da construção. Uma das maneiras de resolver essa questão é a adoção da gestão ambiental, que planeja antecipadamente o tipo de RCD que aquela obra pode gerar e quais serão as possíveis formas de destinação.

Qualquer intervenção no meio ambiente gera impactos tanto no meio social quanto econômico, levando em consideração o porte e finalidade da obra. Algumas obras podem alterar drasticamente a natureza gerando corte da vegetação, desgaste do solo e até ex-

tingão da flora e fauna e gera muito resíduo.

Os impactos podem influenciar o meio social podendo valorizar uma área trazendo desenvolvimento econômico e aumento da qualidade de vida da região, como também pode desvalorizar mediante a poluição visual e ambiental, empecilho de ventilação, entre outros.

Contudo, na construção civil, existe leis que regem e controlam os impactos gerados por meio de estudos ambientais. De acordo com a Lei n. 10257, de julho de 2011, EIV será executado de forma a contemplar os efeitos do empreendimento em relação a qualidade de vida dos habitantes da área e adjacentes, incluindo a análise dos seguintes pontos: adensamento populacional, uso e ocupação do solo, criação de tráfego e demanda de transporte público, valorização imobiliária, ventilação e iluminação, paisagem urbana.

A geração de resíduos é a grande questão quando se fala de sustentabilidade, quando os resíduos gerados por uma obra são devolvidos de forma irregular ao meio ambiente causando problemas tanto ambientais quanto sociais e econômicos. De acordo com Andrade e De Lima (2004) existem 3 fontes fundamentais na geração de resíduos da construção civil, estas são consideradas como resíduos em si, os desperdícios e as perdas de materiais. O entulho é o resultado de dois fatores: o desperdício mais perdas de materiais e também materiais relacionados a demolição. Deve-se levar em consideração as condições e preparação do local da obra, também todo o material de apoio como: madeira, ferramentas, desperdícios e multas. Todos esses itens são considerados como ineficientes e acabam aumentando o custo e prejudica o meio ambiente.

Conforme estabelecido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente os resíduos da construção civil no que diz respeito à reciclagem sendo classificados em quatro classes A, B, C e D. Blumenchein, 2007 classifica todos como resíduos perigosos, portanto deve descartado de forma responsável. A reciclagem e o reaproveitamento do entulho vinculam-se a conservação do meio ambiente, é um processo importante onde é feito uma análise da viabilidade do projeto, iniciando o contexto da reciclagem e do reaproveitamento para reduzir os custos da obra.

Através desse plano de gestão busca-se o desenvolvimento e conscientização de todos envolvidos. Nos últimos vinte anos, houve um aumento no uso dos 3 Rs (Redução, Reuso, Reciclagem), as iniciativas foram criadas para reduzir os impactos ambientais e conservar os recursos naturais, principalmente água e energia.

Segundo Mihelcic e Zimmermann (2015), "Os engenheiros devem entender os riscos ambientais a fim de proteger todos os segmentos da sociedade e todos os habitantes dos ecossistemas". O engenheiro tem objetivos de trabalhar para minimizar ou eliminar os riscos de um projeto mesmo com as limitações é preciso considerar todos os segmentos de uma sociedade como saúde do ecossistema e sua exposição a substância química e biológica.

Com novos e melhores projetos sustentáveis e engenharia verde, é possível melhorar a qualidade de vida da sociedade e trazer desenvolvimento econômico e tecnológico para a mesma. O incentivo com ratificações cada vez maior por essas práticas mais sustentáveis e desenvolvimento de materiais benignos ao meio ambiente traz muitas expectativas.



4. CONSTRUÇÕES ECOLÓGICAS E PROPOSTAS SUSTENTÁVEIS

Mesmo depois de finalizar uma construção, ela continua gerando impactos como o consumo de energia e produção de resíduos que podem ser elevados se não for utilizado de maneira correta e consciente. Os resíduos de uma demolição ou de uma construção são do tipo inertes, ou seja, permanecem por longo tempo na natureza provocando maiores impactos negativos quando descartados de maneira ilegal devido à falta de políticas públicas eficientes e do descaso dos próprios geradores de resíduos.

De acordo com FINEP (2005), conclui que os resíduos descartados de forma irregular além de prejudicar a natureza e a sociedade acabam causando uma correção de alto valor. Mesmo com a constante realização de serviços de coleta e limpeza urbana não resulta em solução definitiva.

Mesmo sendo resultado de atividades necessários, os resíduos sólidos, emissões e entre outros consumos que uma construção exige precisam e podem ser minimizados ou até mesmo evitados através do uso de tecnologias que existe no mercado, tecnologia na qual está em constante evolução, trazendo para a engenharia novos equipamentos e técnicas tornando uma construção ecologicamente correta.

Uma das técnicas mais comuns hoje em dia é a utilização de energia solar substituído a energia elétrica, uma energia limpa e renovável que não polui, casas e edifícios com sistema de captação de água da chuva para uso em descargas, lavagem de calçadas e irrigação visando a economia de água potável. Tratando-se de outros tipos de resíduos sólidos a coleta seletiva ainda é uma boa possibilidade por serem materiais recicláveis, através de medidas eficientes ocorreria a diminuição considerável de resíduos jogados em aterro ou em lugares irregulares.

De acordo com CETESB (2010), pressupõe quatro atitudes para a produção mais limpa (P+L); a primeira é a busca pela não geração de entulho com uso de técnicas de produção, a segunda atitude é minimizar a geração dos resíduos já que a primeira não pode ser aplicada de forma integral, a terceira atitude é o reaproveitamento dos resíduos e a quarta atitude é a reciclagem para a geração de novos materiais.

A produção mais limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em um processo produtivo (SENAI-RS, 2003).

A tecnologia de Produção Mais Limpa é um exemplo do uso dos materiais visando o desenvolvimento sustentável. Dentro de poucos anos, a empresa que não tiver um programa de gerenciamento ambiental será uma rara exceção. A responsabilidade social corporativa é convergente com estratégias de sustentabilidade e incluindo a necessidade de preocupação dos efeitos das atividades já que o papel da produção com a inserção de novas tecnologias, a informação e a comunicação está cada vez mais em destaque.

De acordo com a UNIDO/UNEP (1995), diz que é possível proteger o meio ambiente e obter ganhos econômicos e assim desenvolveram o Centro Nacional de Produção Mais

Limpa em países em desenvolvimento visando implantar o programa de PML nas empresas em diversos setores. No Brasil, o Centro Nacional de tecnologia (CNTL) com sede em Porto Alegre.

De acordo com Lerípio (2001), os princípios de PL surgiram nos anos 80, com a campanha para mudança mais profunda do comportamento industrial. O sistema de produção industrial busca incorporar a questão ambiental durante todo o processo de produção tendo como objetivo a prevenção na geração de resíduos.

Conforme o CNTL (2004), as técnicas de P+L implantados em processos gera soluções que venham a contribuir para reduzir os problemas ambientais. O Greenpeace descreve algumas medidas para uma organização "limpa" são elas: autossustentabilidade de fontes renováveis de matéria – prima, prevenção de resíduos sólidos tóxicos e perigosos na fonte de produção redução do consumo de água e energia, reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem, geração de produtos de vida útil longa.

Todavia o CNTL (2004) também afirma que não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tema social pois a redução de resíduos possibilita resolver questões voltadas a saúde e segurança de trabalhadores, contribuindo uma melhor qualidade no ambiente de trabalho. No setor da construção civil os esforços para reduzir os impactos ambientais concentram-se na busca de aplicações para as "sobras" de materiais de uma construção.

Conforme a Agência Brasil (2002) o CONAMA aprovou uma proposta para a reutilização dos resíduos sólidos da construção, embora as medidas exijam tecnologias que envolvem grandes recursos financeiros, ressalta-se o princípio do poluidor – pagador que determina que os geradores sejam responsáveis pela destinação adequado de seus entulhos.

Os resíduos de construção originam-se principalmente de sobras sendo formado em maioria por materiais inertes podendo ser reaproveitado. La Grega (1994) e Coelho (2004) apresentam um fluxograma sobre prevenção e controle da poluição incluindo tecnologias que apesar de não trabalharem na "raiz" do problema busca reduzir os efeitos.

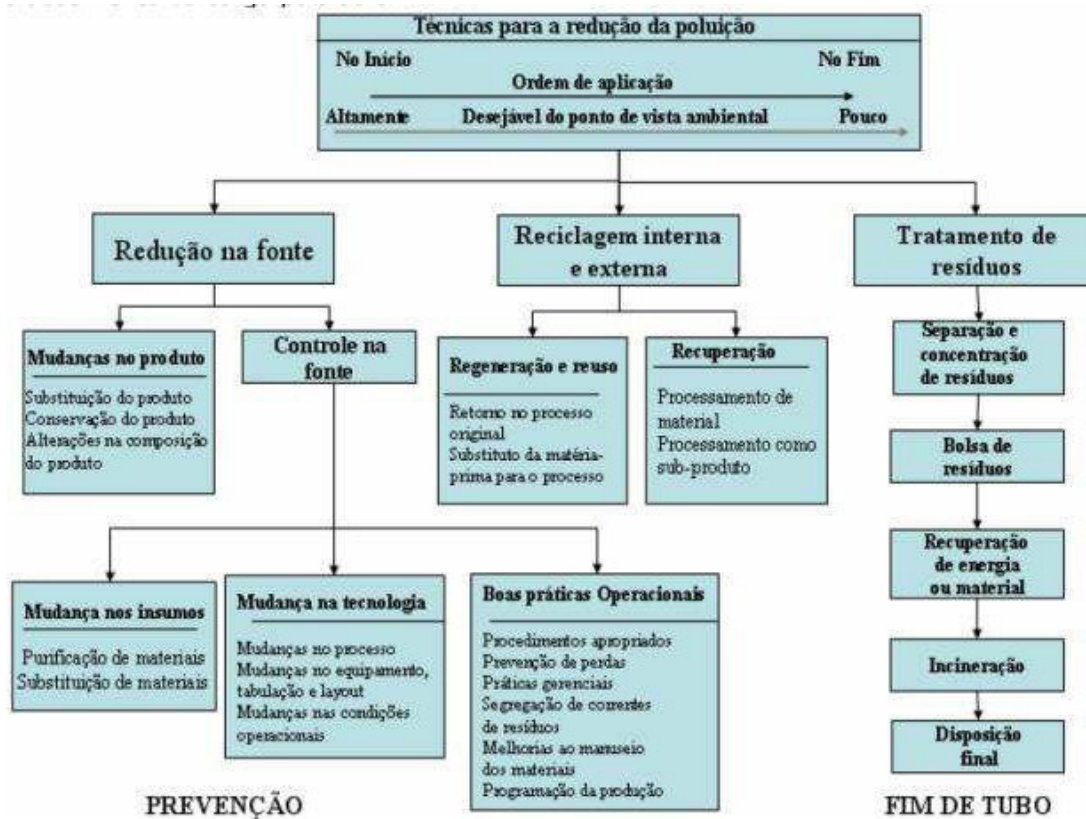


Figura 3: Fluxograma de Controle e prevenção da poluição
Fonte: Fluxograma de La Grega (1994)

A principal medida de minimizar é o licenciamento ambiental que é obrigação legal de todo empreendimento, é compartilhado pelos Órgãos Estaduais de Meio Ambiente pelo IBAMA que trata de grandes empreendimentos com infraestrutura envolvendo impactos ambientais. De acordo com o CONAMA 001/86, a elaboração de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) é um requisito para licenças de toda atividade de aproveitamento de recursos minerais, só não é exigido no emprego imediato da construção civil, dependendo das características da obra.

A critério do órgão ambiental competente, o empreendimento, em função de sua natureza, localização, porte e demais peculiaridades, poderá ser dispensado da apresentação dos Estudos de Impacto Ambiental - EIA e respetivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Parágrafo Único - Na hipótese da dispensa de apresentação do EIA/RIMA, o empreendedor deverá apresentar um Relatório de Controle Ambiental-RCA, elaborado de acordo com as diretrizes a serem estabelecidas pelo órgão ambiental competente (CONAMA nº10 de 1990).

A mineração descontrolada e conflitos de uso do solo resultam na diminuição de jazidas acarretando dificuldades como moradias, estradas, e obras de saneamento (FARIAS, 2002).

Os empreendimentos que se destinam à exploração dos recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente, plano de recuperação de áreas degradadas (DECRETO FEDERAL 97.632, 1989).

A única maneira de preservar esses recursos é por meio de uma exploração sustentável, essas medidas de exploração podem ser alcançadas por meio de tecnologias ambientais que já são implantadas por vários empreendimentos como: Samarco, Embu, CBA, Cantareira, etc. a engenharia constantemente traz evoluções em técnicas de aplicação de novos materiais e equipamentos otimizando os processos construtivos em tempo e custos.

Visando a sustentabilidade da construção já são utilizados materiais que possuam características ecológicas, resultando na diminuição dos impactos durante o processo de produção quando comparados aos materiais tradicionais como: concreto ecológico, bloco de entulho, telha ecológica, madeira manufaturada, cimento ecológico, tintas minerais, tijolos ecológicos, bioplástico, argamassa de argila, energia solar, iluminação em LED, reuso de água. Com o crescente aumento da degradação ambiental nas últimas décadas fez a indústria investir nos processos de redução dos impactos. Dessa forma a empresa tem a necessidade de promover resultados, aderindo sistema de avaliação como as certificações (LU; ZHU; CUI; 2012).

Para Romero e Reis (2012), as ações de cada empresa vão de acordo com os possíveis problemas ambientais resultados de suas atividades. As certificações buscam otimizar os processos, reduzindo o consumo de energia elétrica, consumo de água e redução de resíduos. No Brasil as certificações mais utilizadas são: LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), AQUA (Alta Qualidade Ambiental), PROCEL Edifica e o Selo Casa Azul Caixa.

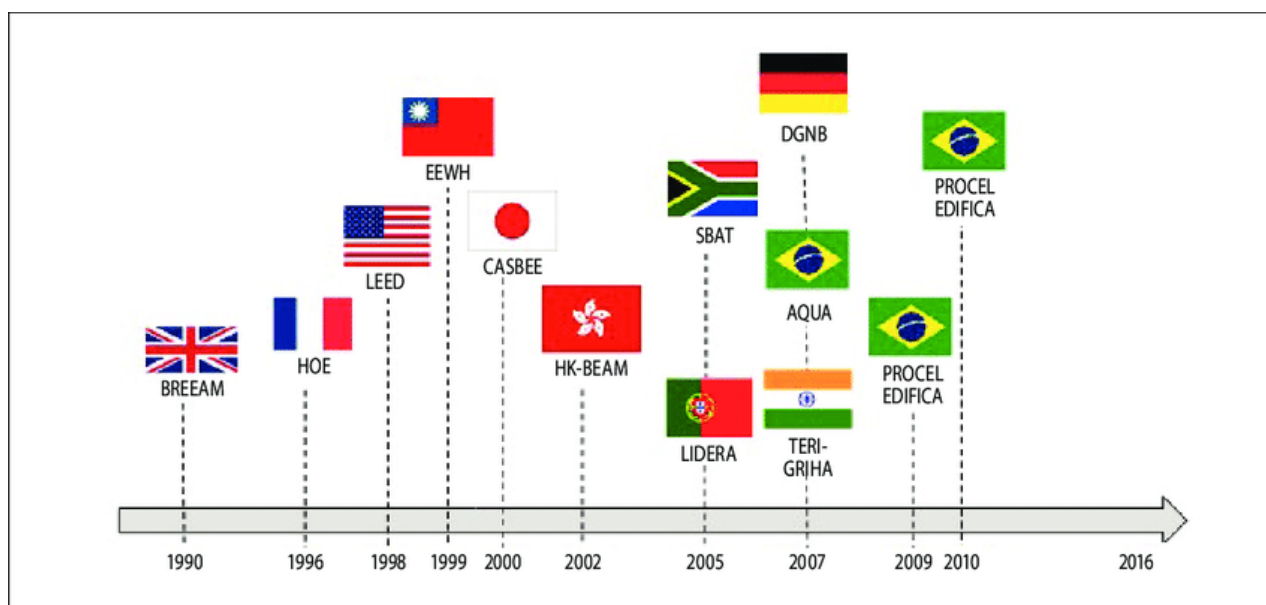


Figura 4: Certificações Ambientais
Fonte: GBC (2016)

Atualmente no Brasil existem 252 edificações com certificações pela LEED e 11 certificadas pela Selo PROCEL de acordo com GBC Brasil forma comprovadas economias nessas edificações só em energia elétrica a redução foi de 30% (GBC, 2016). A certificação LEED está presente em 143 países, para a obtenção do selo são avaliados a implantação sustentável, eficiência hídrica, energia, materiais, conforto ambiental e inovação. Dessa forma engloba desde a conceituação do projeto até a sua execução (CHANG; TSAI, 2015).

A certificação AQUA por sua vez garante todo o controle do projeto, prevê também

a preservação de recursos, redução da poluição, gestão patrimonial, conforto e saúde (PORTAL VANZOLINI, 2016).

Segundo Oliveira (2014), o sistema possui dois pilares: Gestão do Empreendimento que avalia o sistema de gestão ambiental e a Qualidade Ambiental do Edifício que avalia o desempenho arquitetônico e técnico. O sistema de PROCEL é voltado para o uso da energia elétrica na edificação desde a fundação, incentivando a implantação de métodos de conservação.

A própria PROCEL (2016) estima a redução de até 50% em novas edificações e 30% nas provenientes de reformas de acordo com os cinco níveis de graduação: A, B, C e D. A PROCEL também incentiva outras ações sustentáveis como: aquecimento solar da água, fontes renováveis de energia, inovações que promovam o uso racional da água. O país desenvolveu normas e certificações ambientais adaptadas para a realidade brasileira sem deixar de conter os requisitos internacionais, tudo para garantir um desenvolvimento sustentável de qualidade no setor da construção civil.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar aspectos da sustentabilidade na construção civil, expondo impactos causados por construções e outras intervenções, abordando os processos de descarte de resíduos sólidos e materiais utilizados, legislação e implantação de novas técnicas. A construção civil é uma das grandes responsáveis pelos impactos causados ao meio ambiente, devido à grande produção de resíduos diariamente nas obras.

Inicialmente foi contextualizado sobre a sustentabilidade, seus conceitos e desenvolvimentos e todos os significados relacionados a mesma. Mostrando que o setor da construção civil pode e deve contribuir bastante para o meio ambiente com o reaproveitamento de materiais. A indústria da construção civil gera grande quantidade de resíduos inertes, que contribuem para a degradação da qualidade ambiental, principalmente se dispostos em locais inadequados.

Praticamente todas as atividades desenvolvidas nesse setor são geradoras de entulho, sendo que as áreas urbanas contribuem significativamente com a geração desses resíduos. Visando todo esse impacto é apresentada técnicas de produção mais limpa que impulsionam a sustentabilidade na construção civil.

Dessa forma, este trabalho contribuiu para a reflexão sobre o desenvolvimento sustentável no âmbito da engenharia civil, trazendo maior entendimento sobre o tema, soluções para os impactos na construção e mostrando que formas de pôr em prática o *Tríplice Bottom Line* (Tripé da sustentabilidade).

Referências

- ANDRADE, C., & de LIMA, A. (2004). **Relações Públicas e Sustentabilidade**. Anuário Unesco/Metodista de Comunicação Regional, Ano 12 n. 12, p. 85-106, jan/dez.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10.004. Resíduos sólidos**. Classificação. Rio de Janeiro, ABNT, 17 p., 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**.
- AZZI, M.; DUC, H.; HÁ, Q. P. Toward sustainable energy usage in the power generation and construction sectors – a case study of Australia. **Automation in Construction**, v. 59, p. 122-125, 2015.
- BLUMENSCHNEIN, R. N. (2007). Manual Técnico. **Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília, Sebrae/DF.
- BORK, C. A. S.; Barba Jr, D. J. D.; Gomes, J. O. Social Life Cycle Assessment of three Companies of the Furniture Sector. **Procedia CIRP**, v. 29, p. 150-155, 2015.
- BRASIL. **Lei 10.257 de 10 de julho de 2011**. Disponível em: http://www.presidencia.gov.br/ccvil_03/ Acesso em 10 mar 2022.
- CAMARGO, A.; Capobianco, R. P. J.; Oliveira, P. A. J. **Meio ambiente Brasil: avanços e obstáculos**. pós-Rio-92. 2 ed. São Paulo: Estação Liberdade, 2015. 471p.
- CETESB 2010 Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/003/10/21_mais_limpa.asp. Acesso em: 01 de abr. de 2022
- MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções CONAMA Resolução nº. 307. Julho, 2002**.
- CORRÊA, H., & Corrêa, A. C. 2004. **Administração de Produção e Operações** (2ª ed.). São Paulo: Atlas.
- CHANG, A. S.; Tsai, C.Y. Sustainable design indicators: Roadway Project as an example. **Ecological Indicators**, v. 53, p. 137-143, 2015.
- CMMD. (1991) Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. 2ª, ed. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/12906958/Relatorio-Brundtland-Nosso-FuturoComum-Em-Portugues> . Acesso em: 09 fev. 2022;
- CNTL. **A produção mais limpa como um fator do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.holographic.com.br/~prj/cntl/sobre4suten.html>. Acesso em dez. 2021.
- FIORENTINO, G.; RIPA, M.; PROTANO, G.; HORNSBY, C.; ULQIATI, S. Life Cycle Assessment of Mixed Municipal SolidWaste: Multi-input versus multi-output perspective. **Waste management**, v. 46, p. 559-611, 2015.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS (FINEP). **FINEP apoia seminário sobre desafios para cumprimento da Resolução 307 do Conama**. Brasília: MICT, 2005.
- GREEN BUILDING COUNCIL. Anuário 2015: certificações. **Revista GBC Brasil**, v. 2, n. 4, 2015.
- LERÍPIO, A. **Gaia: um método de gerenciamento de aspectos e impactos ambientais**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- LIMA, S. F. de. (2006). **Introdução ao Conceito de Sustentabilidade Aplicabilidade e Limites**.
- LU, Y.; ZHU, X.; CUI, Q. Effectiveness and equity implications of carbon policies in the United States construction industry. **Building and Environment**, v. 49, p.259-269, 2012.
- MANZINI, E., & VEZZOLI, C. 2005. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Universidade de São Paulo.
- MARTINS, P. G., & LAUGENI, F. P. 2005. **Administração da Produção** (2ª ed.). São Paulo: Saraiva.

MAY, Peter H. **Economia do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro-RJ: Elsevier Editora Ltda, 2010.

MIHELICIC, James; Zimmermam, Julie; **Engenharia ambiental: Fundamentos, sustentabilidade e Projeto**. São Paulo-SP: GEN-LTC, 2012.

OLIVEIRA, J. S. de & Vieira, F. G. D. (2008). Produção simbólica e sustentabilidade: discutindo a lógica da salvação da sociedade pela mudança nos modos de consumo. **Caderno de Administração**, 16(2), 35-43.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2016**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 28 jan. 2022.

PORTER, M. E. 1989. **Vantagem Competitiva - Criando e Sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Elsevier Campus.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Guia PCS –Produção e Consumo Sustentáveis**, 2016. Disponível em: <http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/dma-guia-pcs-web.pdf>. Acesso: 07 mar. de 2022.

RÓMERO, A. M; Reis, B. L. **Eficiência energética em edifícios**. 1 ed. Barueri – São Paulo: Manole, 2012. 208 p.

CAPÍTULO 21

REUTILIZAÇÃO DE RECURSOS DENTRO DA CONSTRUÇÃO CIVIL E A SUSTENTABILIDADE NA OBRA

*REUSE OF RESOURCES WITHIN THE CIVIL CONSTRUCTION AND
SUSTAINABILITY IN THE WORKS*

Maycon Bruno Sousa da Silva¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A problemática deste estudo relaciona-se a entender: quais ações a construção civil pode realizar para reutilizar os recursos que usa e obter uma obra mais sustentável? Com relação ao objetivo geral dessa pesquisa é compreender os benefícios da reutilização de recursos e da sustentabilidade na construção civil. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, sendo que a mesma utiliza informações de outros autores, destacando arquivos como monografias, dissertações, artigos, livros, sendo estes documentos externados tanto em seu formato físico quanto eletrônico. Entre os autores usados para fundamentação teórica deste estudo exibem-se Paschoalin Filho (2017), Soares (2019) e Silva et al. (2020). A pesquisa apresenta que o ramo da construção civil tem causado intensos impactos ambientais que tiram a qualidade de vida da sociedade, entretanto, quando pensa-se na reutilização de seus resíduos sólidos, que até pouco tempo iriam para os lixões a céu aberto, compreende-se que estes podem ser recuperados, minimizando os impactos e permitindo que as empresas da construção civil sejam reconhecidas como organizações que podem continuar suas atividades, sem necessariamente efetivar problemas para sua comunidade. O texto esclarece que quando os engenheiros civis, que atuam nos canteiros de obra, conseguem capacitar os colaboradores e trabalhar fazendo uso, sobretudo, de tecnologia para melhorar seus processos, conseqüentemente ganham incentivos fiscais e conseguem ajudar o planeta com suas atividades conscientes.

Palavras-chave: Construção Civil. Reutilização. Recursos Sólidos. Sustentabilidade.

Abstract

The problem of this study is related to understanding: what actions can civil construction take to reuse the resources it uses and obtain a more sustainable work? Regarding the general objective of this research is to understand the benefits of resource reuse and sustainability in civil construction. Therefore, a bibliographic research was carried out, and it uses information from other authors, highlighting files such as monographs, dissertations, articles, books, these documents being externalized both in their physical and electronic format. Among the authors used for the theoretical foundation of this study are Paschoalin Filho (2017), Soares (2019) and Silva et al. (2020). The research shows that the field of civil construction has caused intense environmental impacts that take away the quality of life of society, however, when thinking about the reuse of its solid waste, which until recently would go to open dumps, it is understood it is certain that these can be recovered, minimizing impacts and allowing civil construction companies to be recognized as organizations that can continue their activities, without necessarily causing problems for their community. The text clarifies that when civil engineers, who work on construction sites, are able to train employees and work using, above all, technology to improve their processes, they consequently gain tax incentives and are able to help the planet with their conscious activities.

Keywords: Civil Construction. Reuse. Solid Resources. Sustainability

1. INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil, no século XXI, passa por frequentes mudanças, sobretudo, voltando-se a necessidade da sustentabilidade, que engloba a segurança, saúde e ações menos prejudiciais ao meio ambiente e também ao trabalhador inserido na obra. Apesar de ser uma indústria com forte intuito a rejeição quando se fala em mudanças, não se pode deixar de lado os desejos da sociedade que por meio de um movimento globalizado, busca cada vez mais se informar, e tem interesse por um consumo mais sustentável, tanto de produtos alimentícios, vestuário e habitações seguras, compreendendo durabilidade, pouca manutenção e gastos durante todo processo construtivo.

Percebe-se que essa temática é relevante em ser tratada porque a sustentabilidade se tornou importante, para todos os setores, e na construção civil não seria diferente, já que a geração de resíduos que podem ser reaproveitados em um canteiro de obras é relevante. Compreende-se que o futuro deriva do trabalho sustentável que é feito no presente, ou seja, garantir construções sustentáveis antes e durante sua execução é de suma importância, pois este ato potencializa a economia durante todo o processo de construção, com base nesse cenário, se torna fácil perceber que o investimento em processos eficientes é mais necessários a sociedade, onde se inclui o meio ambiente.

Entendendo esse contexto, o estudo busca responder ao seguinte problema de pesquisa: quais ações a construção civil pode realizar para reutilizar os recursos que usa e obter uma obra mais sustentável?

Levando em consideração essa indagação, surge para o estudo, objetivos geral e específicos, sendo que o geral busca compreender os benefícios da reutilização de recursos e da sustentabilidade na construção civil. Com relação aos específicos, estes visam: Conceituar os resíduos; Demonstrar as vantagens de uma obra sustentável e; Entender o impacto direto da sustentabilidade na obra.

Visando que essa pesquisa tenha êxito, é realizada uma pesquisa bibliográfica, pois utiliza-se registros de outros autores acerca da temática tratada, visando fundamentar teoricamente a pesquisa.

As informações são localizadas em livros, artigos e afins, por meio da busca destes nas bases de dados Biblioteca Eletrônica Científica Online (SCIELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Google Acadêmico. Com relação aos autores das obras, serão usados Paschoalin Filho (2017), Soares (2019) e Silva et al. (2020).

2. CONCEITUANDO RESÍDUOS

O capítulo apresenta o que de fato são resíduos sólidos dentro do ramo da construção civil, apontando suas classificações e destacando os possíveis tratamentos destes para a

sociedade e meio ambiente.

2.1 Caracterização de resíduos sólidos

A indústria da construção civil produz cada vez mais toneladas de resíduos sólidos durante a execução de uma obra. Vale ressaltar que com o crescimento da urbanização das cidades também ocorreu no setor da indústria civil, e através dessa amplificação esta começou a ter um índice elevado de resíduos, sobretudo, sólidos. Cabe salientar que, apesar desse intenso volume, as empresas e seus colaboradores, por muito tempo ficaram sem saber exatamente como manusear estes resíduos (GOLDEMBERG; AGOPYAN; JOHN, 2011).

Neste sentido, é importante destacar que:

A presença de uma gestão que planeje corretamente os materiais a serem utilizados para a promoção de insumos com o maior tempo de uso é essencial, bem como a previsão de utilização dos resíduos gerados aliada a destinação correta dos mesmos depois de se tornarem “descartáveis” (SILVA *et al.*, 2020, p.03).

É relevante destacar que estes resíduos, gerados no decorrer da obra, são classificados em algumas categorias diferentes, neste sentido, precisam de tratamento diverso para conseguirem alcançar a possibilidade de sustentabilidade. Dessa forma, a resolução 307/2002 do CONAMA, enfatiza estas como Classe A, B, C e D.

Entendendo esse cenário, percebe-se que existem diversas tratativas a serem executadas nos campos de obra, visando minimizar os impactos causando pelos lixos que permitem se acumular em uma construção civil (BRASIL, 2002).

Mota e Campos (2020) apontam alguns tratamentos tecnológicos que podem ser trabalhados para melhoria dos resíduos da construção civil. O quadro 1 destaca acerca dessas tecnologias.

Dessa forma, pode-se entender que ter um profissional capaz de identificar a ordem dos resíduos existentes é fundamental para o devido cuidado com estes em uma obra, pois antes de qualquer atuação é necessário a classificação, a fim de que não exista também um custo excessivo quanto ao tratamento, pois neste sentido, haveria uma substituição de custos por outra (MOTA; CAMPOS, 2020).

2.2 Resíduos de construção civil (RCC) e a gestão

A gestão de empresas que atuam na construção civil precisa estar atenta aos mais diversos cenários que englobam a necessidade de gestão dos resíduos sólidos que transformam-se em lixo. Isso, sobretudo, porque as grandes e pequenas empresas do setor

buscam qualidade em seus trabalhadores, pois são cobrados pelo poder público, mas principalmente pela sociedade. Essas organizações entendem que se não acompanharem as exigências do mercado não se manterão por muito tempo neste (PASCHOALIN FILHO *et al.*, 2017).

Neste sentido, percebe-se a urgência que as empresas da construção civil tem em reduzir os impactos de suas atividades, sobretudo, para si, antes mesmo de pensar nos demais a seu entorno, como a sociedade em si. Isso porque quando as necessidades de seus clientes não são atendidas, conseqüentemente as organizações deixam de ser fundamentais, sendo substituídas por aquelas que acompanham o mercado e as mudanças da sociedade (SOARES, 2019).

As etapas para o gerenciamento compreendem relevância de um a um, pois estão relacionados ao controle e ao monitoramento das atividades para o gerenciamento de resíduos. Cabe ainda saber que esse processo é considerado responsabilidade de ordem pública, pois permite que as pessoas consigam ter qualidade de vida perto das obras, por exemplo. (SOARES, 2019).

Dessa maneira, a figura 1 apresenta quais as cinco etapas mais importantes para que o gerenciamento de resíduos seja efetivo.

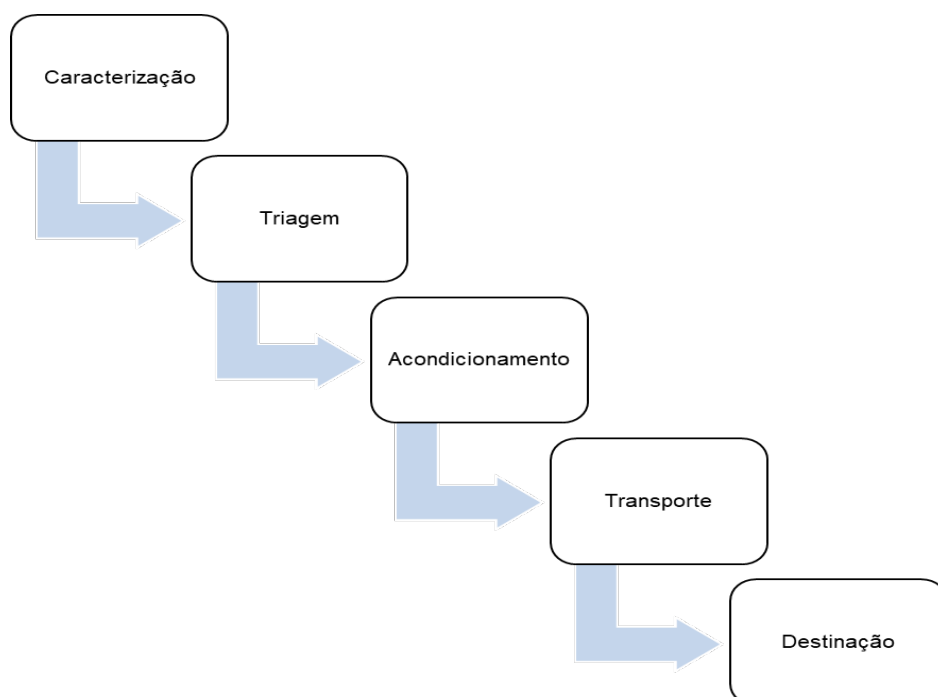


Figura 1 - Etapas para gerenciamento de resíduos em obras
Fonte: Mota (2020)

Ou seja, a gestão de cada obra precisa caracterizar que tipo de resíduo está sendo identificado, depois fazer a triagem acerca desse material. Posteriormente, acondicionar (organizar o meio que esse resíduo será direcionado); escolher o transporte que fará parte desse processo, e enfim, decidir sua destinação.

Posteriormente, serão abordados sobre os impactos para o meio ambiente com relação a falta de reciclagem de materiais são intensos, levando inclusive a desordens irreversíveis, como também ainda será destacado.

Na esfera da construção civil, a diversidade de materiais utilizados é vasta, há desde materiais combustíveis e provindos de petróleo; agregados como brita e areia, aglomerantes, a exemplo do cimento, cal, gesso e argamassas, obtidos através de procedimentos envolvendo extração mineral; bem como gêneros da manufatura, a exemplo de blocos, telhas, tubos, como PVC, cobre, aço, cerâmicas de revestimento, fios, dentre outros (MATOS; ALENCAR, 2019, p. 03).

Portanto, se uma atividade organizacional tem o poder de movimentar diversos recursos sólidos, conseqüentemente esta é um dos ramos que mais projetam dificuldades para o meio ambiente e sociedade (MATOS; ALECAR, 2019).

Dessa maneira, o exercício de responsabilidade, sobretudo, no ano de 2022 deixa de ser uma questão de movimentação de cenários onde pode-se atuar futuramente, mas uma manutenção daquilo que já foi conquistado. Além disso, com o problema da inflação nos produtos, a questão da reciclagem também permite que os projetos de empresas de construção civil sejam apresentados aos clientes com um valor menor que as demais organizações, o que permite que estas consigam ter vantagens significativas, sobretudo, a longo prazo. Marques (2015) apresenta um esboço de como esse processo ocorre na construção civil, conforme é apresentado na figura 2, também conhecido por logística reversa.

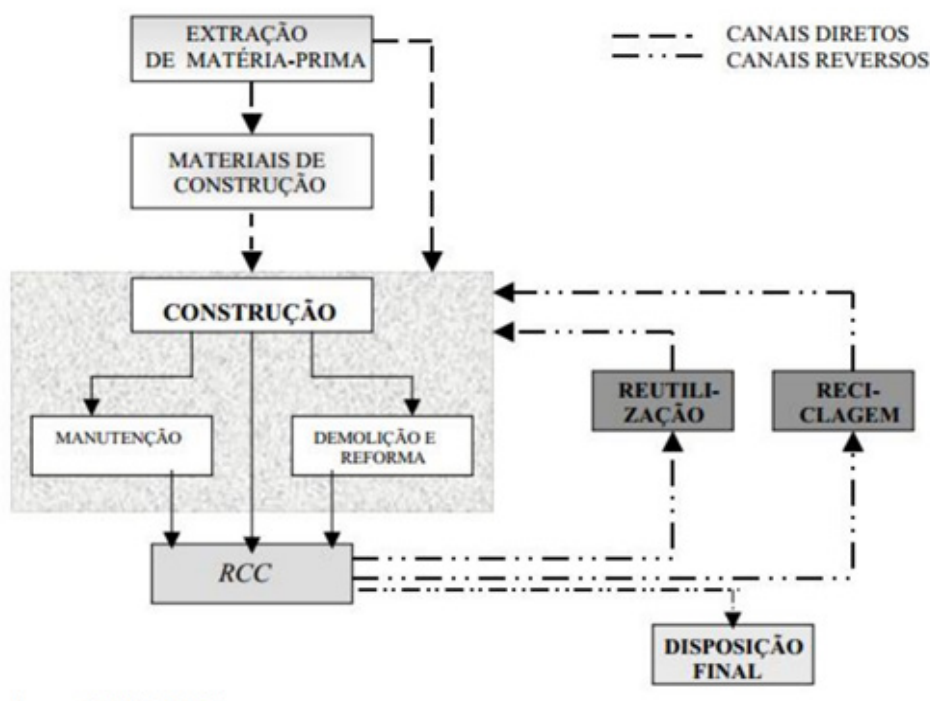


Figura 2 - Logística reversa na construção civil.

Fonte: Marques (2015, p. 20)

O esquema enfatiza que os processos são curtos para que ocorra de fato a Logística reversa na construção civil, ou seja, o reuso de seus resíduos, permitindo o destaque junto aos clientes e também frente as demais concorrentes, já que esse processo chama a atenção de parceiros, nacionais e internacionais. Dessa forma, pode-se entender que fazer uso da logística reversa é conseguir entender os ganhos empresariais que a organização tende a ter. Assim, este processo é considerado uma logística empresarial (MARQUES, 2015).

que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, dentre outros (SANTOS, 2013, p.11).

Fica evidente o poder da reutilização de recursos dentro da construção civil, e entendendo esse contexto, no próximo capítulo será abordado mais profundamente sobre as vantagens de uma obra sustentável (SANTOS, 2013).

3. AS VANTAGENS DE UMA OBRA SUSTENTÁVEL

O capítulo discorre sobre a relevância benéfica de uma obra sustentável, tanto para as comunidades ao redor de uma construção civil quanto para a própria empresa, afinal ambos saem ganhando quando o cuidado com os resíduos da atividade ocorre.

3.1 Benefícios da sustentabilidade na construção civil

A concepção de desenvolver construções, bairros e comunidades mais sustentáveis não é uma questão do século XXI, sobretudo, por que desde o início da efetivação de obras irregulares e desorganização, as comunidades com grande população passaram a ter inúmeros problemas relacionados a questão sanitária. Dessa forma, com o passar dos anos, o movimento sustentável foi tornando-se uma realidade no Brasil e no mundo. Porém, cabe salientar, que esse entendimento não se dá em todas as obras, mas uma pequena parcela, fomentando a ideia de que ainda existem profissionais que descaracterizam a relevância quanto a sustentabilidade (AGUSTONI, 2008).

Uma das situações que pode ser amplamente levada em questão e enfatizada as empresas que ainda não se conscientizaram de como é benéfico ter uma obra sustentável, é apresentar as mesmas como o mercado tem se mobilizado para que as empresas de construção civil adaptem-se a esse processo, já que tendem a ganhar, sobretudo, financeiramente (PORTO, 2013).

Compreende-se que a construção civil passa por um processo de reformulação. Os recursos financeiros estão cada vez menores, o mercado consumidor mais exigente e os trabalhadores buscando melhorias nas condições de trabalho. Todos esses aspectos tem exigido uma conduta diferente das organizações. Estas estão sendo pressionadas a adotar estratégias empresariais mais modernas, focada na qualidade, produtividade e racionalização, favorecendo a obtenção de um produto final de boa qualidade e mais barato (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2012).

Assim, apesar de ser uma indústria resistente as mudanças, alguns benefícios relacionados a construção sustentável são atrativos as construtoras, entre eles: reutilização e captação de água da chuva, redução no consumo de energia, redução no consumo de



água, diminuição da emissão de carbono na atmosfera, redução de resíduos gerados no canteiro da obra e tratamento correto, uma maior valorização no prédio pensando em venda ou aluguel. Nota-se que a empresa sendo engajada com a questão sustentável e ambiental, passa também a contar com incentivos governamentais tributários, dependendo da região que a obra está instalada (YUDELSON, 2013).

É relevante reconhecer que existem alguns benefícios que serão colhidos a longo prazo, como é caso da agilidade na reciclagem e na reutilização desses mesmos resíduos, também quando se pensa sobre a economia com os custos de manutenção. Entretanto, cenários como redução do impacto ambiental junto as comunidades vizinhas acontecem de maneira imediata, o que permite que as empresas gerem valor ao seu negócio e consequentemente ganhem mais clientes, por exemplo (DANTAS et al., 2017).

3.2 Reciclagem e reaproveitamento

Ao passo que alguns benefícios apresentam-se apenas a longo prazo, outros são mais instantâneos, como é o caso da reciclagem e reaproveitamento dos materiais que são utilizados em uma obra de construção civil. Sabe-se que o custeio de uma obra não é considerada acessível para muitos, pois os materiais tendem a ser custosos para os clientes. Mas com a reciclagem e reaproveitamento, as empresas passam a conseguir auxiliar os consumidores, por meio de projetos mais acessíveis as necessidades deles (CAMPOS; BARROS; BARROS, 2021).

Neste sentido, cabe salientar que os materiais que são retirados das obras para aproveitamento, precisam estar em condições favoráveis para venda, caso contrário a venda do produto não auxiliará nos custos de armazenamento baixos. Entendendo todo esse contexto, maior atenção tem sido direcionada a demolição tradicional, efetivada desde muito tempo. É notável que as empresas e seus engenheiros compreendem a relevância da reutilização e reciclagem, total ou parcial, sobre os aspectos de uma construção (MARTINS et al., 2019).

A reciclagem, em especial, “tem sido tema de estudos nacionais e internacionais no intuito de possibilitar a valoração dos resíduos gerados e mitigar os impactos ambientais causados” (PASCHOALIN FILHO et al., 2021, p. 02). Isso porque as empresas tem percebido a relevância de cuidar do meio ambiente, sobretudo, por esse cenário garantir valor aos negócios e consequentemente possibilitar o ganho de mais clientes (MARTINS et al., 2019).

Sabe-se que a reciclagem permite que novos materiais passem a existir, por meio da utilização daqueles que já foram usados em uma construção. Esse cenário garante a redução de custos de obras novas e minimiza o impacto na aquisição de matérias que já foram usadas, as naturais e/ou as mais impactadas (PASCHOALIN FILHO et al., 2021).

Entretanto, também é importante destacar que existem barreiras que impedem um grande volume de usados recicláveis em uma obra. Entre essas impossibilidades estão os poucos incentivos fiscais, a percepção do consumidor acerca desse contexto, os benefícios considerados incertos, e as poucas normas técnicas existentes (SILVA; BRITO; DHIR, 2017).

Ainda sobre o processo de reciclagem, cabe saber que precisa existir uma seleção preliminar sobre o contexto, identificando as proporções de componentes como o concreto, os blocos, os materiais cerâmicos, os tijolos, os entulhos de argamassa e uma parte do solo. Mas também existe o processo de limpeza, que compreende a remoção de materiais que não serão utilizados, como a madeira, o plástico, o papel ou mesmo o metal. Por fim, surge a trituração, que visa a qualidade de minerais, como madeira, plástico e também o ferro (CAMPOS; BARROS; BARROS, 2021).

3.3 O valor de mercado

Como já mencionado, as questões que envolvem a sustentabilidade permitem que as empresas consigam valorizar suas atividades no mercado financeiro. As pessoas do século XXI tem se preocupado visivelmente acerca das questões que envolvem o meio ambiente, sobretudo, porque os impactos no seio social têm sido drásticas, assim, buscam cada dia mais empresas que auxiliem em seus projetos, sem danificar necessariamente os espaços comuns (OLIVEIRA et al., 2016).

Costa et al. (2021) salientam que não basta efetivar as atividades de maneira sustentável, tem que se haver uma apresentação acerca desse cenário a sociedade, a fim de que ela possa buscar pela organização para efetivar suas necessidades. Neste sentido, salienta-se sobre o marketing verde é relevante nesse processo. Esse marketing visa, especificamente três situações, que é diferenciar as empresas da concorrência, ajudar estas a conquistar melhor visibilidade, auxiliar no fortalecimento da marca junto aos consumidores e manter ou aumentar os ganhos financeiros das empresas.

as estratégias de comunicação no marketing verde, baseiam-se fundamentalmente em transmitir ideias que apoiem a questão ambiental, como a redução do consumo de energia, o uso de reciclados, os programas de melhoria ambiental e a comunicação dos valores internos ao conjunto da organização (COSTA et al., 2021, p. 03).

Sendo assim, como observa-se, o marketing verde nada mais é que uma maneira encontrada pelas organizações para manter uma comunicação relevante com seus compradores, visando que estes reconheçam seu empenho em uma atuação mais equilibrada junto ao meio ambiente, intencionando sempre qualidade de vida para a comunidade. (COSTA et al., 2021, p. 03).

4. OS IMPACTOS DIRETOS DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O capítulo discorre sobre os impactos diretos da sustentabilidade na construção civil. Este é relevante porque destaca, sobretudo, como os engenheiros podem garantir a empregabilidade de diversos colaboradores em um mercado, que no século XXI, pós pandemia, encontra dificuldades para manter as atividades ativas.



4.1 Impactos da sustentabilidade na obra civil

As atividades de uma empresa estão em constante transformação, sobretudo, porque precisam atender as exigências e necessidades da sociedade. No ramo da construção civil o cenário não é diferente, fazendo-se necessário constante evolução nas práticas construtivas. Uma dessas práticas relacionam-se ao uso expressivo dos recursos tecnológicos, tendo em vista o respeito ambiental e social, para atender um mercado cada dia mais globalizado e com maior interesse na sustentabilidade (JOURDA, 2012).

Com o aquecimento na indústria da construção civil, no período entre 2007 a 2013, e a aprovação da PNRS nº 12305, de agosto de 2010, e sua última regulamentação, por meio de Decreto Presidencial nº 7404 de dezembro de 23 de dezembro de 2010, condicionaram um novo marco no setor de resíduos de construção que ganhou destaque, dando ênfase a gestão e reciclagem de RCD.

No setor da engenharia civil, apesar de haver inúmeras mudanças com o passar do tempo, tudo sempre foi baseado em modelos retrógrados de pensamentos onde só o custo importa. Entretanto, o surgimento de novas técnicas de construção mais ágeis e limpas, a criação de leis ambientais mais rigorosas, de segurança, construtivas e acordos internacionais entre países para redução de poluentes, foram impulsionando o mercado da construção civil a ser mais sustentável nos últimos anos (QUEIROZ, 2016).

Entendendo que as atividades da construção civil tendem a dificultar o dia a dia da sociedade no que tange a sustentabilidade, entende-se que isso acontece porque consequentemente as suas demandas ocorrem junto a destruição de áreas verdes, a poluição atmosférica, a geração de resíduos, o consumo, em excesso, de recursos naturais. Também é possível citar a redução de reservas hídricas. Neste sentido, compreende-se que quando uma empresa de construção civil passa a usar suas atividades de maneira mais sustentável, fica evidente que a sociedade também ganhará com esse contexto (GUEDES; FERNANDES, 2013).

Ou seja, o maior impacto das atividades do ramo da construção civil está diretamente relacionado as dificuldades sentidas pelo meio ambiente, dessa maneira, usar as tecnologias existentes para minimizar esses impactos deve ser amplamente considerada e não, parcialmente. (QUEIROZ, 2016).

No estudo de Deschamps (2017), é destacado que depois que em determinadas construções foram aplicadas atividades de sustentabilidade, alguns diferenciais começaram a ser apresentados, tais como metade do consumo total quanto ao uso de água, a minimização do uso de ar condicionado e a possibilidade de mais uso de PVC, que garante a privacidade dos apartamentos construídos nas obras.

Neste sentido, Brundtland (1991, p.46) esclarece sobre a sustentabilidade ser necessário, sobretudo, porque "encarar as necessidades de hoje sem sacrificar a habilidade das futuras gerações de encararem as suas próprias necessidades". Compreende-se que é injusto pôr fim aos recursos de sobrevivência de uma geração em detrimento de uma que está por vir. Vale ressaltar que esse não é apenas um papel das empresas, mas também da sociedade civil, porém são as organizações que tem culminado nos maiores impactos.

A sustentabilidade também deve ser entendida pelo bem-estar que os recursos naturais podem oferecer, tanto na dimensão intratemporal, quanto, intertemporal. Pois diante dos conceitos do tema, a sustentabilidade é basicamente a utilização do meio natural, e seguindo do contrabalanço o recurso, repondo aquilo que foi gasto. Desse modo, não excluindo as gerações futuras do bem-estar atual (MALTA, 2013, p.21).

Sendo assim, fica evidente que a busca da sustentabilidade é exatamente garantir que a humanidade continue usando dos recursos disponíveis na natureza, porém em menor proporção, pois caso contrário, nos anos próximos não será mais possível consumir exatamente nenhum recurso (MALTA, 2013).

Além dessas questões, ainda é possível afirmar sobre os resíduos que se espalham por causa das construções, culminam até mesmo em doenças diversas. Quando não se tem a intenção de sustentabilidade e os resíduos são jogados em qualquer lugar, estes espaços tendem a, segundo Santana (2016), atrair resíduos que levam problemas a sociedade.

atrair resíduos não inertes, oferecendo assim, água, alimento e abrigo e torna-se habitat de muitas espécies de vetores de patogênicos, como ratos, baratas, moscas, vermes, bactérias, fungos e vírus. Estes vetores podem ser responsáveis pela transmissão de doenças respiratórias, epidérmicas, viroses, entre outras (SANTANA, 2016, p. 16).

Ou seja, não dificulta apenas as condições de vida da natureza em si, mas também das pessoas que estão ao redor dos problemas ambientais. E neste cenário viveu a sociedade, por muito tempo, porém continuar com o mesmo cenário no século XXI não é possível (SANTANA, 2016).

Conforme identifica-se, quando se fala em impactos na construção civil, relacionado a sustentabilidade, surgem tanto as dificuldades quanto os contextos positivos, permitindo que as empresas mantenham as questões positivas e buscando mudar aquelas que propiciam problemas a sociedade (MALTA, 2013).

Santana (2016) aponta que esses problemas também dificultam a condição de trabalho dos profissionais que atuam nas obras, minimizando sua condição de trabalho, e conseqüentemente atrasando as demandas apresentadas em cada prazo definido com o cliente. Neste sentido, Santos et al. (2015) sobre as desvantagens de não se ter uma obra sustentável.

Talvez as maiores desvantagens dessas construções estejam relacionadas ao preço da matéria prima e a pouca oferta. Porém, na hora de fazer uma construção sustentável o melhor é analisar o custo benefício das vantagens e desvantagem dessas construções, uma vez que no futuro ela irá recompensar o investimento, tanto economicamente quanto ecologicamente (SANTOS et al., 2015, p. 04).

Ou seja, não há motivos para que uma empresa de construção civil não encare a realidade da necessidade de haver sustentabilidade em suas atividades. Até porque a construção civil é considerada uma das atividades que mais causa impactos a natureza e a



qualidade de vida da sociedade, sobretudo, as que encontram-se próximas aos canteiros de obras (SANTOS et al., 2015).

4.2 Desafios frente aos impactos

Entendendo todo contexto que se apresenta no texto, fica evidente que o maior desafio é conseguir unir recursos tecnológicos distintos, que auxiliam no processo de recuperação dos espaços, junto aos colaboradores da construção de uma obra. “Além disso, deve-se questionar os benefícios que um selo desenvolvido para outra realidade pode trazer, especialmente para países como o Brasil que ainda não resolveram seus problemas mais básicos como pobreza e desigualdade social” (BRASIL, 2022).

Carneiro et al. (2010) dizem que para superar os desafios é fundamental que as empresas tenham gestores engenheiros, pois estes compreendem ou deveriam acerca das tecnologias e processos que podem auxiliar nesse contexto. Vasconcelos (2013), inclusive diz que os engenheiros são fundamentais nesse momento porque conseguem conversar com os profissionais, capacitando-os para mudar suas práticas de atuação, auxiliando nessa busca pela sustentabilidade.

Referências

AGUSTONI, Douglas. **Artigo Geração de resíduos e desperdícios na construção civil**. 2008. 13. Graduando em engenharia civil, Engenharia civil - Uniara, Araraquara, São Paulo, 2008. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_geracao_de_residuos_e_desperdicios_na_construcao_civil.pdf. Acesso em: 10 dez. 2021.

ARAÚJO, M. A. **A Moderna Construção Sustentável**. São Paulo: Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica - IDHEA, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: 30 mar. 2022.

BRASIL. **Construção Sustentável**. Meio Ambiente, 2022. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 28 abr. 2022.

BRUTDLAND, Gro Harlem (Org). **Nosso Futuro Comum**: Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro: FGV 1991, p.46.

CAMPOS, Werlon Oliveira; BARROS, João Victor Pinto; DE SOUSA BARROS, Enicleia Nunes. Alternativas para o despejo e reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil em GURUPI-TO. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 2, 2021. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/17972>. Acesso em: 25 abr. 2022.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V.; SAMPAIO, T. S. **Reciclagem de Entulho da Região Metropolitana de Salvador para Produção de Materiais de Construção de Baixo Custo**. In: IX SIMPÓSIO LUSOBRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Seguro. 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção Verde**: Desenvolvimento com Sustentabilidade. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília: CNI, 2012. 69 p. (Cadernos setoriais Rio+20).

COSTA, Ricardo *et al.* Marketing verde—A importância do consumo sustentável para as empresas. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 7, pág. e26310716812-e26310716812, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16812>. Acesso em: 25 abr. 2022.

DANTAS, Marcelo Buzaglo *et al.* **Mapeamento de incentivos econômicos para a construção sustentável**. 2017. Disponível em: https://cbic.org.br/sustentabilidade/wp-content/uploads/sites/22/2017/08/Mapeamento_de_Incentivos_Economicos.pdf. Acesso em: 25 abr. 2022.

DESCHAMPS, Lucas Pires. **Sustentabilidade emergente e construção civil**: Um estudo de caso em Florianópolis. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/176965>. Acesso em: 15 abr. 2022.

GOLDEMBERG, José; AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

JOURDA, Françoise-Hélène Jourda. **Pequeno manual do projeto sustentável**. Arquitetura e construção. Editora G. Gili Ltda, 2012.

LIMA, Francisco Mariano da Rocha de. **A formação da mineração urbana no Brasil**: reciclagem de RCD e a produção de agregados. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-26122013-144341/pt-br.php>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MALTA, Vanessa Rebellatto. **Análise da Sustentabilidade ambiental**. Estudo de caso: Aplicação parcial do Sicogea - Sistema Contábil Gerencial Ambiental em uma Indústria Cerâmica, 2013. Dissertação (Engenharia Ambiental). Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.

MARTINS, Andreia Sofia Moreira; REIS, Daniel Costa; FABRICIO, Márcio Minto. Diretrizes para o planejamento de uma demolição seletiva em edifícios. **Interações (Campo Grande)**, v. 20, p. 487-507, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/8jX3pzKQr9LVkcZtMTmwDwF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 25 abr. 2022.

MARQUES, Meghy Silva. **Análise de viabilidade na implantação de usina de resíduos da construção civil em Paraguaçu-MG**. 81f. Monografia (Engenheiro Civil), 2015. Disponível em: <http://192.100.247.84/bitstream/prefix/339/1/Meghy%20Silva%20Marques.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2022.

MATOS, João Paulo Cavalcante; ALENCAR, Tharsis Cidália de Sá Barreto Diaz de. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. **ID online. Revista de psicologia**, v. 13, n. 43, p. 784-807, 2019.

MOTA, Lethicia Cristina Martins. **Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde-GO**. 39f. Monografia (Bacharel em Engenharia civil), 2020. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1928/1/TCC_LETHICIA_MOTA.pdf. Acesso em: 02 abr. 2022.

OLIVEIRA, Macsuel Miranda *et al.* Desenvolvimento sustentável nas organizações como oportunidade de novos negócios. **Revista Valore**, v. 1, n. 1, p. 42-66, 2016. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/15>. Acesso em: 10 mai. 2022.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre *et al.* Gerenciamento de resíduos de construção civil em edifícios residenciais no município de São Paulo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 73, 2017.

PASCHOALIN FILHO, João Alexandre *et al.* Usinas de reciclagem de entulho e os entraves existentes no setor da construção civil: uma pesquisa exploratória. **Exacta**, v. 19, n. 1, p. 52-72, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/10318>. Acesso em: 13 abr. 2022.

PORTO, Marcelo Firpo de Souza; FINAMORE, Renan; FERREIRA, Hugo. Injustiças da sustentabilidade: conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, 2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/rccs/5217>. Acesso em: 10 dez. 2021.

QUEIROZ, Neucy Teixeira. Construções sustentáveis na Engenharia Civil e a responsabilidade socioambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 6, p. 255-263, 2016. Disponível em: <http://revista.ecogestaobrasil.net/v3n6/v03n06a01a.html>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SANTOS, Fábio Ricardo dos. **Logística reversa de resíduos da construção civil**: uma análise de viabilidade econômica. 77f. Monografia (Tecnologia em Logística), Faculdade de Tecnologia de Americana, 2013.



Disponível em: http://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/1272/1/20132S_SANTOSFabioRicardodos_TCCLOG0093.pdf. Acesso em: 02 abr. 2022.

SANTANA, Izáira Cunha. **Análise dos impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos de construção e demolição em Conceição do Almeida-BA**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas-BA, 2016. Disponível em: https://www2.ufrb.edu.br/bcet/components/com_chronoforms5/chronoforms/uploads/tcc/20190314175553_2015.2__TCC_Izira_Cunha_Santana_-_Anlise_Dos_Impactos_Ambientais_Causados_Pelos_Resduos_Slidos_De_Construo_E_Demolio_Em_Conceio_Do_Almeida__Ba.pdf. Acesso em: 26 abr. 2022.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVA, R.V; BRITO, de J; DHIR, R.K. Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. **Jornal of Cleaner Production**, 143, p. 598-614, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.070>. Acesso em: 12 abr. 2022.

SILVA, Jorge Luís Oliveira *et al.* Prática sustentável nos canteiros de obra brasileiros: uma discussão sobre a reutilização de resíduos oriundos da construção civil. **Brazilian Journal of Business**, v. 2, n. 3, p. 2841-2846, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJB/article/viewFile/16353/13376>. Acesso em: 10 mar. 2022.

YUDELSON, Jerry. **Projeto integrado e construções sustentáveis**. Bookman, 2013.

CAPÍTULO 22

SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: PROJETO COM USO DE CONTÊINERES

*SUSTAINABILITY IN CIVIL CONSTRUCTION: PROJECT USING
CONTAINERS*

Givanildo Nunes Neves¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Os espaços e imóveis construídos com contêiner é uma alternativa para um desenvolvimento mais sustentável, uma preocupação que deve ser de todos os setores da sociedade. Políticas, práticas e soluções que buscam a preservação do meio ambiente devem ser priorizadas. O ramo da construção civil, tem papel fundamental no caminho para uma humanidade mais sustentável, pois é responsável por um grande consumo de recursos e pela produção de resíduos que são descartados no meio ambiente. Com o avanço da tecnologia, a construção civil desenvolve produtos e técnicas que o construtor pode usar para a elaboração de projetos mais conscientes. O presente estudo tem como objetivo estudar o uso de contêineres no canteiro de obras como caminho para sustentabilidade na construção civil. A fundamentação teórica bibliográfica, baseia-se nas principais obras dos autores Brasil (2006), Ferreira (2009), Sousa (2019) e ainda a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e pesquisa de campo, realizada na cidade de Penalva, no Maranhão. As construções sustentáveis tem um papel de destaque na engenharia, a curto e longo prazo, pois garante uma proteção eficiente ao meio ambiente.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. Construção. Natureza. Contêineres.

Abstract

The spaces and properties built with container are an alternative for a more sustainable development, a concern that should be of all sectors of society. Policies, practices and solutions that seek to preserve the environment must be prioritized. The construction industry has a fundamental role on the path to a more sustainable humanity, as it is responsible for a large consumption of resources and for the production of waste that is discarded in the environment. With the advancement of technology, civil construction develops products and techniques that the builder can use to develop more conscious projects. The present study aims to study the use of containers at the construction site as a path to sustainability in civil construction. The bibliographic theoretical foundation is based on the main works of the authors Brasil (2006), Ferreira (2009), Sousa (2019) and also the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT) and field research, carried out in the city of Penalva, in Maranhao. Sustainable constructions have a prominent role in engineering, in the short and long term, as it guarantees efficient protection of the environment.

Keywords: Sustainability. Construction. Nature. Containers.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil gera uma quantidade elevada de resíduos sólidos, entre eles, sobras de tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, azulejos, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, entre outros, que são descartados de forma incorreta na natureza, promovendo problemas que afetam os ecossistemas naturais e a vida humana. Problemas reais que vem assolando muitos países, resultado de inúmeras intervenções do homem moderno na natureza. Assim, a preocupação com a sustentabilidade deve ser de todos os setores da sociedade. Desde as esferas governamentais, as grandes empresas da construção civil, passando pelas pequenas empresas e a população civil como um todo.

O tema, sustentabilidade na construção civil: projeto com uso de contêineres; é de grande importância à sociedade, que vêm sofrendo mudanças significativas no clima, alteração nos padrões de chuvas e tempestades devastadoras, além do aumento do nível dos oceanos. Efeitos que podem ser vivenciados a partir do efeito estufa, resultante do aquecimento global. O tema proposto justifica-se por ser uma ação que propõe reutilizar contêineres como matéria-prima na construção de imóveis residenciais e comerciais na construção civil. Tendo em vista, que esse tipo de construção apresenta diminuição do uso de recursos naturais e redução na produção de resíduos sólidos, as construções com uso de contêiner é uma alternativa para a sustentabilidade comercial nos canteiros de obras.

Na construção civil, com o objetivo de diminuir os impactos ao meio ambiente, a diminuição e o uso consciente dos recursos naturais são fundamentais e necessários. Assim posto: como as construções com o uso de contêineres podem ser uma alternativa para a sustentabilidade?

O objetivo geral é estudar o uso de contêineres no canteiro de obras como caminho para sustentabilidade na construção civil. E para isso tem os objetivos específicos como: descrever o impacto dos resíduos produzidos pela engenharia civil na natureza e para o homem; compreender o conceito de sustentabilidade como alternativa para um mundo mais consciente; apresentar o uso de contêineres no canteiro de obras visando desenvolver construções preocupadas com a economia, tempo, recursos e a sustentabilidade.

O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, será uma Revisão de Literatura e pesquisa de campo. Na Revisão de Literatura será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca em base de dados como livros, documentos, sites de cunho científico, revistas e outros, com bases em autores como: Brasil (2006), Ferreira (2009), Sousa (2019) e ainda a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Na pesquisa de campo será apresentado um projeto de obra com uso de contêineres, um espaço para o funcionamento de uma das unidades da Defensoria Pública do Estado do Maranhão. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos quinze anos. As palavras-chave utilizadas na busca serão: Sustentabilidade, construção, natureza, contêineres.

2. A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS PELA CONSTRUÇÃO CIVIL

A história das empresas da construção civil com o meio ambiente tem demonstrado que os impactos ambientais, resultantes das atividades produzidas em seus canteiros, podem comprometer o futuro do planeta. Pois, a urbanização acelerada e o rápido crescimento das cidades têm provocado problemas ambientais. A produção de grandes volumes de resíduos resultantes das atividades da construção civil, é um exemplo desses problemas. A construção e a demolição de edifícios e casas, podem gerar montanhas de resíduos e consumir muitos recursos naturais.

Os resíduos de construção e demolição são parte dos resíduos sólidos urbanos que incluem também os resíduos domiciliares. Porém, para os resíduos de construção e demolição há agravantes: o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento, fazem com que as políticas de reutilização não aconteçam.

2.1 Conceito de resíduos sólidos

A construção civil é uma das áreas responsáveis por produzir um grande volume de resíduos. Os resíduos podem ser descritos como rejeitos de materiais utilizados na execução das várias etapas de obras da construção civil. Esses materiais são oriundos da execução de projetos de infraestrutura, construção urbana, demolição e reformas nas construções (BARROS, 2017). Muitos desses resíduos são descartados de forma indevida no meio ambiente. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), elabora normas e regras na tentativa de nortear os vários setores da sociedade civil, com o objetivo de proteger o meio ambiente.

Conforme resolução do CONAMA 307/2002 resíduos da construção civil são definidos como: "os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc (SÃO PAULO, 2012, p. 13).

A resolução do CONAMA 307/2002 classifica os resíduos sólidos da construção civil em classes. Na Classe A estão os materiais que podem ser reciclados ou reutilizados. A seguinte classe apresenta materiais que podem ter outras destinações. Os materiais da classe C, diferente das classes anteriores não são viáveis para a reciclagem. Já os resíduos da classe D são materiais que podem afetar diretamente a saúde das pessoas.

Com o crescente desenvolvimento das cidades a geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) e Resíduos da Construção e Demolição (RCD) podem gerar, quando não descartados corretamente, estragos ao meio ambiente e a vida humana. Os cuidados com esses tipos de materiais deve ser uma preocupação em todos os canteiros de obras (BRASIL, 2006). A falta de investimentos em alternativas para o reaproveitamento dos resíduos, o pouco investimento na qualificação de trabalhadores mais conscientes e a falta de

incentivo em políticas que prezem pela sustentabilidade pode ser apontada como fatores que contribuem para a expressiva quantidade de resíduos produzida pela construção civil (BARROS, 2017).

A grande maioria das cidades brasileiras, especialmente aquelas que apresentam elevados índices de urbanização, sofrem graves impactos ambientais provocados pela intensa deposição irregular dos RCC. Estima-se que no País os RCC são responsáveis por cerca de 50 a 70% da massa de resíduos sólidos urbanos, sobrecarregando os serviços municipais de limpeza pública, elevando os custos de coleta e destinação dos resíduos, consumindo os escassos recursos públicos, para gerenciamento desta problemática, uma vez que é de responsabilidade dos gerados a correta destinação (SKOWRONSKI, 2013, p.15).

Os problemas ocasionados pelo descarte irregular ou incorreto pode gerar problemas a curto e a longo prazo. Doenças, desastres e o entupimento de esgotos são alguns desses problemas. Muitas cidades sofrem, por exemplo, com a falta de escoamento adequado das águas das chuvas. E em muitos casos o principal motivo é o entupimento de galerias e córregos. O autor Denize Demarche (2009, p.06) aponta transtornos decorrentes dessa situação:

Formação de áreas irregulares de descarte e o esgotamento dos “bota-foras” com a disposição de grandes volumes de resíduos que afetam diretamente as condições de tráfego de pedestres e veículos, a drenagem superficial e a obstrução de córregos que propiciam a multiplicação de vetores e doenças.

Materiais depositados de maneiras irregulares em lugares impróprios podem se tornar depósitos de doenças, que afetam o ser humano, animais e os vários ecossistemas. Esses locais irregulares para o descarte de RCD e outros materiais, propiciam a degradação de áreas que deveriam ser preservadas, bem como, degradam os espaços urbanos. A deposição irregular de RCD demonstra a falta de compromisso com a qualidade ambiental, o que compromete a sustentabilidade de forma extremamente negativa (FERREIRA; NOSCHANG, 2009).

2.2 Os impactos negativos da construção civil na natureza

Sustentabilidade é um assunto abordado em diversas áreas da sociedade. Um tema de discussão científica, mas também política, econômica, ética, educacional e social. Isso porque os efeitos causados pelas atividades humanas na natureza vêm afetando o planeta terra em vários seguimentos: naturais, ambientais, sociais, entre outros. O setor de construção civil possui uma enorme parcela de contribuição na deterioração da qualidade ambiental, já que uma de suas características é o desperdício de matéria-prima, insumos e auxiliares utilizados nos processos construtivos de empreendimentos urbanos.

Mudanças significativas no clima, alteração nos padrões de chuvas e tempestades devastadoras e o aumento do nível dos oceanos são alguns dos efeitos que podem ser vivenciados a partir do efeito estufa, resultante do aquecimento global. Poluição, desmatamentos, produção de energias poluentes, atividades de mineração e construções são



alguns dos vilões responsáveis pela produção de lixo e atividades que prejudicam o meio ambiente. O aquecimento global é um assunto abordado em diversas áreas da sociedade. um tema de discussão científica, mas também política, econômica, ética, educacional e social. isso porque os efeitos causados pelo aquecimento global são sentidos por todos (BRASIL, 2014).

Obras que geram menos impacto ao meio ambiente, agrega valores na visão de empreendedores conscientes e do consumidor final. Os contêineres podem ser alocados na construção de imóveis, sendo um produto com potencial de ser reutilizado, além de apresentar diminuição no seu tempo de construção. Assim, atitudes que priorizem a sustentabilidade devem ser adotadas em todos os setores da sociedade civil. Pois, os impactos positivos de atividades sustentáveis para o meio ambiente se justificam pela necessidade de tomada de medidas para frear os efeitos nocivos, pois é de suma importância adotar políticas governamentais, estaduais e sociais que promovam uma mudança nesse cenário (Silveira, 2017).

Os impactos ambientais gerados pela construção civil são múltiplos. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição, instituição responsável por monitorar os avanços na questão dos resíduos da construção civil, em consonância com as questões ambientais pode ser uma grande aliada para as empresas da construção civil. Pois, pode guiar, orientar e nortear as ações das empresas no ramo da engenharia.

Além do cuidado com os resíduos produzidos nas construções, as empresas também devem buscar alternativas visando a diminuição do uso de recursos naturais. Água, madeira e areia são algumas das matérias-primas mais usadas pela construção civil. Casas e prédios ao serem construídos de forma tradicional, com o uso de tijolos e blocos de cimento podem consumir porcentagens elevadas desses vários recursos.

3. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUAS VANTAGENS

O princípio e busca do equilíbrio entre a preservação do meio ambiente e o uso de seus recursos pode ser descrito como sustentabilidade. O autor Sousa (2019, p.04), descreve que

o termo sustentabilidade surge da necessidade de discussão a respeito da forma como a sociedade vem explorando e usando os recursos naturais, pensando em alternativas de preservá-lo evitando, assim, que esses recursos se esgotem na natureza. A definição de sustentabilidade está atrelada ao conceito de desenvolvimento sustentável.

Um desenvolvimento sustentável envolve o contexto socioeconômico, político e cultural em busca da preservação do meio ambiente. Assim, o desenvolvimento do capitalismo e o consumismo na construção civil, devem prezar pela sustentabilidade, visando o crescimento social e econômico, mas sem deixar de lado os de proteção da natureza. Investir na conservação dos recursos naturais é investir na qualidade de vida hoje e no futuro das novas gerações (SÃO PAULO, 2010).

Assim, as “inúmeras discussões por parte da comunidade científica e engenharia acerca das questões relacionadas ao meio ambiente e sua intensa degradação por parte da ação antrópica também colocaram esse termo em evidência” (SOUSA, 2019, p. 05). A consciência ambiental deve fazer parte do crescimento do mercado da construção civil e da sociedade no presente e do futuro, pois um desenvolvimento sustentável só pode ser possível com o amadurecimento da compreensão humana, que os recursos naturais não são infinitos como muito se pensou.

3.1 A engenharia civil e a sustentabilidade

Sustentável significa favorecer e conservar a natureza, um conceito que vem ganhando espaço no mundo moderno. O termo sustentabilidade começou a ser usado após a conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente para humanidade (*United Nations Conference on the Human Environment – UNCHE*), em 1972, na cidade de Estocolmo, Suécia. No Brasil, a sustentabilidade ganha espaço após a realização da conferência sobre o meio ambiente e o desenvolvimento, em 1992, na Cidade do Rio de Janeiro (LASSU, 2021).

Estudos realizados ainda no ano de 2012, já apontavam para o crescimento da sustentabilidade nos espaços da construção civil. Residências que apresentam redução no consumo e eficiência energética, com o uso racional de água e materiais, como recursos e inovações tecnológicas, passaram a ser procuradas por mais clientes da construção civil (LASSU, 2021).

Essa procura levou as construtoras e empresários da área a investir na sustentabilidade. Assim, a sustentabilidade vem tendo papel importante nos projetos de arquitetura e engenharia. Grande parte desta revolução verde desperta a tomada de consciência dos efeitos das ações humanas sobre o meio ambiente, promovendo o desenvolvimento de projetos e novas ferramentas com o objetivo do uso consciente dos recursos naturais (BONI, 2017).

As novas tecnologias proporcionam um olhar diferenciado na engenharia, os projetos da área devem incluir na fase inicial o conceito de sustentabilidade, com um sistema que promova as intervenções conscientes sobre o meio ambiente, visando a preservação dos recursos naturais para as futuras gerações. Os projetos podem incluir sistemas de economia de água e energia, diminuição na produção de resíduos, entre outros benefícios.

Os modelos de construções que utilizam materiais e soluções tecnológicas inteligentes que promovam a redução de resíduos gerados pela construção, o uso inteligente e econômico de água e energia para os seus usuários, proporcionam um melhor aproveitamento das áreas do imóvel e resulta em um ambiente mais sustentável (SANTOS, 2010).

O setor de construção civil ocupa papel importante no desenvolvimento de ações e políticas sustentáveis. Sendo um dos setores que mais utilizam recursos naturais e energia, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), que consiste no conjunto de normas brasileiras que descreve sobre o caráter técnico com o objetivo de padronizar processos para a elaboração de produtos e serviços no país, possui normas que apontam



caminhos para projetos e ideias inteligentes visando a sustentabilidade (ABNT, 2020).

Já as Normas Brasileiras (NBRs), tem o objetivo de nortear e orientar a área da construção civil, como também as construtoras e as incorporadoras, em que consiste a segurança, atividades e trabalho nos canteiros de obras. A NBR, descreve sobre segurança, trabalho, métodos e também sobre sustentabilidade (ABNT, 2020).

A NBR 15575 (2013), por exemplo, é voltada para o controle dos indicadores de desempenho de edificações habitacionais, ou seja, está relacionada a qualidade da construção e aos seus impactos diretos na vida dos moradores e as necessidades humanas. Assim, a norma também levanta questões de sustentabilidade, por fazer referência às necessidades humanas (BRASIL, 2014).

É importante ressaltar que os critérios de sustentabilidade ambiental para o espaço construído, muitas vezes, representam um investimento alto, mas que ao longo da vida vão sendo compensados, por meio dos gastos com eficiência energética, o uso racional da água e a duração da edificação. Construções funcionais, tecnológicas e sustentáveis promovem o crescimento econômico com a preservação do meio ambiente (SANTOS, 2010).

Imóveis construídos com contêineres é um exemplo de construção sustentável, que prioriza o reaproveitamento e diminui o descarte de resíduos e lixo na natureza. Assim, o desenvolvimento sustentável tem por base o progresso econômico das cidades ligado à preservação dos recursos ambientais, sem deixar de lado o desenvolvimento socioeconômico e a preocupação com o futuro da humanidade (BONAFÉ, 2020).

O termo desenvolvimento sustentável ganhou mais força com os discursos realizados em 1992, no Rio de Janeiro, na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92). A conferência resultou no documento "Agenda 21", que descreve sobre "preocupação dos países com o impacto das ações humanas no meio ambiente e que defendia a aplicação do desenvolvimento sustentável para minimizar as alterações ambientais" (RIO DE JANEIRO, 2019, p.04).

Assim, construções sustentáveis que ofereçam uma vida com consumo sustentável são necessárias. Os espaços com a produção de energias renováveis, por exemplo, são alternativas apontadas para o desenvolvimento socioeconômico responsável e com consciência ecológica e ambiental. A energia solar, eólica, hídrica, biomassa, geotérmica e a dos oceanos (ondas e marés), são fontes renováveis para o abastecimento de casas, indústrias e cidades. Energias limpas e benéficas para o planeta terra e sua população (RIO DE JANEIRO, 2019).

4. USO DE CONTÊINERES NO CANTEIRO DE OBRAS: PRÉDIO DA DEFENSORIA PÚBLICA DO ESTADO DO MARANHÃO, NA CIDADE DE PENALVA

As sociedades precisam vivenciar a sustentabilidade em seus vários setores. Economicamente, ambientalmente e socialmente comunidades mais preocupadas em conviver

com o meio ambiente, utilizam seus recursos, de forma saudável. O tripé de sustentabilidade, busca a integração e o desenvolvimento sustentável com base em três áreas fundamentais: o social, o ambiental e o econômico (ALVES, 2020).

O uso *de* contêiner nos canteiros de obras é uma realidade que teve início na década de 1990, que passou a ser local de armazenamento de materiais e habitações. “Nessa época, muitos arquitetos viam contêineres abandonados em docas (parte do porto onde navios se abrigavam) e próximos a estações de trem. Foi a partir daí que viram uma oportunidade de reutilizá-los” (BONAFÉ, 2020, p. 04).

A vida útil dos contêineres nos portos é de aproximadamente vinte anos, mas esse tempo pode variar conforme o tipo de material. O local também é um fator que pode interferir nesse tempo, um espaço com maresia pode diminuir sua vida útil.

Após esse período, a utilização dos contêineres na construção civil para a construção de espaços é uma realidade em muitos lugares do mundo. Pois “é um material superdimensionado. Dado que é feito para suportar até 25 toneladas de carga e pode ser empilhado em até 8 unidades em cima de um navio” (SANTOS, 2017, p.13).

Para ser utilizado nos canteiros de obras, que tem seu transporte realizados por guindastes e caminhões muncks para o local de instalação, os contêineres precisam passar por um tratamento de recuperação que inclui limpeza, funilaria, serralheria, pintura, revestimentos e acabamentos. “Laudos de habitabilidade e de descontaminação contra agentes químicos, biológicos e radiativos são documentos que certificam a segurança do contêiner como estrutura da construção” (FERRAZ, 2019, p. 04). Também é importante lembrar que esse processo pode variar de acordo com o projeto adotado para a construção. Características como o tamanho, espaço e função do imóvel, também devem ser observados no desenvolvimento do projeto.

4.1 Economia, rapidez e sustentabilidade na construção da Defensoria Pública do Estado do Maranhão

Os contêineres são super-resistentes, passam décadas viajando pelos mares e podem ser transformados em uma ótima opção de moradia e construção comercial. Normalmente são feitos de uma chapa metálica muito forte e pode ser adaptado de acordo com as necessidades do construtor, colocando janelas, portas e abrindo espaços conforme o projeto.

O Governo do Maranhão, vem fazendo uso desse tipo de construção, por ser sustentável e prática. Unidades para o funcionamento de polos da Defensoria Pública do Estado do Maranhão, vem sendo instaladas em bairros da capital e em várias cidades maranhenses. A cidade de Penalva, no interior do estado, foi uma das contempladas, e recebeu um espaço jurídico para a população (MARANHÃO, 2020).

O conceito de sustentabilidade faz parte desse tipo de construção. A sustentabilidade engloba o aspecto social e traz uma reflexão sobre as condições de vida nos ambientes

educacionais, da saúde, do lazer e da construção. O aspecto ambiental refere-se a forma em como o homem utiliza os recursos naturais, nas empresas, comunidades e pela sociedade. Na economia está relacionado a produção, crescimento, distribuição e consumo dos bens e serviços (OLIVEIRA, 2017).

No espaço construído em Penalva foram usadas três unidades de contêineres do modelo High Cube, 40 pés, com dimensões de 12 metros de comprimento; 2,44 metros de largura e 2,90 metros de altura. Cada um dos volumes contém chapas externas de aço córtex, e seu interior preenchidos com Lã de PET para isolamento, e fechamento de paredes e teto em gesso acartonado com pintura de acabamento (MARANHÃO, 2020).

Assim como em uma construção convencional, o primeiro passo é trabalhar na fundação. Foram instaladas bases de concreto armado, para a edificação ficar elevada e distantes do solo, protegendo da chuva e de possíveis danos. Outros procedimentos realizados, foram

Estruturas em aço inox, tratamento da parte inferior do container com lixamento, aplicação de TF7 e pintura com fundo escuro. Tratamento externo das paredes do container com lixamento, aplicação de TF7 e tinta automotiva nas cores (MARANHÃO, 2020, p.02).

As paredes foram revestidas com gesso acartonado, e manta de lã de PET para fazer o isolamento térmico e acústico. Além, de luminária de embutir nas áreas internas e luminárias de parede tipo tartaruga na área externa mais a colocação de 02 (duas) hastes de ferro para sustentação de 02 (dois) refletores com pintura em esmalte sintético na cor preta na fachada principal. E o Forro de gesso acartonado com emassamento e pintura PVA látex na cor branca com isolamento em lã de PET.

Para o meio ambiente, uma das maiores vantagens desse tipo de construção é o reaproveitamento de uma estrutura que provavelmente geraria sucata. Outro ponto positivo está na economia de matéria-prima para montar a estrutura, pois no contêiner não é preciso usar a água, cimento, areia e conseqüentemente a quantidade de entulho é mínima, um ótimo exemplo do que é chamado de obras limpas.

As paredes e a instalação do contêiner na construção da defensoria, já descrito anteriormente, exemplifica a diminuição dos materiais usados na obra. Na Execução de contrapiso, por exemplo, foi usado argamassa com colocação de piso em revestimento de cerâmico PEI 04 (.45x.45), sobre as chapas de compensado naval (MARANHÃO, 2020).

O espaço da Defensoria Pública, em Penalva, ainda conta com painéis solares, para a produção de energia limpa. As vantagens do uso de energias renováveis múltiplas. São benéficas para o meio ambiente, pois em sua produção não é necessário o uso de processos artificiais. Além, dessas energias serem inesgotáveis, seus impactos ambientais são bem menores que as fontes de energias não renováveis (carvão, petróleo e gás), pois não produzem dióxido de carbono um dos muitos gases prejudiciais ao meio ambiente (ESFERA, 2021). Com a diminuição de gases nocivos no ar, se tem um ar mais limpo, o que contribui para a melhoria na qualidade de vida.

As fontes alternativas de energia são o caminho para a construção e o desenvolvi-

mento de um mundo sustentável e saudável. E os painéis fotovoltaicos é um investimento residencial e comercial, seja para diminuir nas despesas com a conta de energia ou na busca da contribuição na proteção do meio ambiente.

A energia solar é obtida pela luz do sol emitida pela radiação solar sobre a terra. Um recurso que se encontra em abundância no planeta terra. Com potencial energético eficaz, pode ser seu calor transformado em energia, por meio de painéis solares fotovoltaicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento de uma consciência sustentável se faz cada vez mais presente no mundo globalizado. A natureza e o meio ambiente sofrem impactos, muitas vezes irreversíveis, provocados pelas ações humanas na construção civil. A consciência ambiental promove uma reflexão e mudanças de hábitos necessários para a manutenção de uma existência equilibrada entre o homem e a natureza.

Construções mais conscientes, com o uso de contêineres, energias solar e eólica, são exemplos de investimentos que promovem essa busca por atitudes sustentáveis. Os contêineres por serem fontes para as construções, provenientes da reutilização de recursos, se tornam essenciais para uma economia mais sustentável. Mas, também são alternativas para a redução do uso de matérias-primas e poluentes, que contribuem de forma direta para o agravamento do efeito nocivo, responsável pelos problemas ambientais.

Para combater esse quadro, a construção civil também deve promover transformações que conscientizam práticas, estratégias, métodos e políticas em busca da sustentabilidade, através da implementação de incentivos fiscais para que as empresas possam investir em tecnologia sustentável, além de contribuir na conscientização dos trabalhadores para adoção de boas práticas no uso dos recursos, eliminando o alto índice de desperdício de materiais no desempenho das atividades, reduzindo consideravelmente a geração de novos resíduos. Pois, se as práticas e ações da construção civil forem substituídas por fontes sustentáveis, além de possibilitar melhorias para o meio ambiente e contribuir para a qualidade de vida dos seres humanos, viabilizará um futuro melhor para as novas gerações.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de edificações habitacionais**. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/curs.aspx?Q=SGVtcGwwRUovRzFTdmg4UUx-na3FLOE94NGx6WUH0SFU=/>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

ALVES, Rodolfo F. Pena. **Aquecimento Global**. 2020. Portal do Oul. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/aquecimento-global.htm>. Acesso em: 08 de set. de 2021.

BARROS, Henrique Teixeira Godoi. **Resíduos de Construção e Demolição: Aspectos e Diretrizes**. Ministério da Educação. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2017.

BONAFÉ, Gabriel. **Container é estrutura sustentável e econômica para construção civil**. 2020. Dis-



- ponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/container-e-estrutura-sustentavel-e-economica-para-construcao-civil/9793>. Acesso em: 27 de out. de 2021.
- BONI, Filipe Boni. **Como se tornar um Leed Green Associate**. Arquitetura e construção. E-book - Amazon digital, 2017. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: 27 de abr. de 2022.
- BRASIL, Governo Federal. **GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**: redução, reutilização e reciclagem. 2006. Disponível em: <http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos>. Acesso em 23 de out. de 2021.
- BRASIL, WWBRASF. **As Mudanças Climáticas**. 2014. Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancasclimaticas2/. Acesso em: 20 de mar. 2022.
- DEMARCHE, Denize Minatti Ferreira. **Gestão de resíduos da construção civil e de demolição: contribuições para a sustentabilidade ambiental**. V congresso nacional de excelência em gestão. 2009. Disponível em: <http://www.inovarse.org>. Acesso: 20 de out de 2021.
- ESFERA, Inteligência e energia. **Energia renovável no Brasil: confira oportunidades, desafios e exemplos de empresa que utilizam**. 2021. Disponível em: <https://esferaenergia.com.br/energia-renovavel-no-brasil/>. Acesso em: 18 de set. de 2021.
- FERRAZ, Denise. **Arquitetura em Container: conheça a nova tendência construtiva**. 2019. Disponível em: <https://www.artusiarquitetura.com/post/arquitetura.AAncia-construtiva>. Acesso em: 25 de out. de 2021.
- FERREIRA, Denize Demarche Minatti; NOSCHANG, Cleuza Regina Tomaz. **GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DE DEMOLIÇÃO**: contribuições para a sustentabilidade ambiental. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade. Niterói, RJ, 2009.
- LASSU, laboratório de Sustentabilidade. **Conceituação**. Departamento de Engenharia da Computação e Sistemas Digitais. Disponível: <http://www.lassu.usp.br/sustentabilidade/conceituacao/>. Acesso em: 25 de abr. de 2022.
- OLIVEIRA, Marcia Maria Dosciatti de. **Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade**. Educ. Caxias do Sul, RS. 2017.
- MARANHÃO, Defensoria Pública do Estado. **Caderno de Especificações Núcleos Ecológicos DPE-MA**. Obras e Reformas. MA, 2020.
- RIO DE JANEIRO. **Da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, à Rio-92**: agenda ambiental para os países e elaboração de documentos por Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Em discussão. 2019. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/noticias/.aspx>. Acesso em: 10 de maio. de 2022.
- SÃO PAULO, FAPESP. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Academia Brasileira de Ciências. SP. 2013.
- SÃO PAULO, Secretaria do Meio Ambiente. **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Sindicato da indústria da construção civil do Estado de São Paulo Sinduscon-SP. 2012.
- SANTOS, Carolina Neiva. **CONSTRUÇÃO MODULAR**: utilização de containers como ambiente construído. UFMG. Belo Horizonte. MG. 2017.
- SANTOS, Henrique Teixeira. **Tecnologias sustentáveis aplicadas a edifícios residenciais**. Universidade Federal de Goiás. Escola de Engenharia Civil. Goiânia 2010
- SILVEIRA, José Henrique Porto. **Sustentabilidade e Responsabilidade Social**. Volume 3. Belo Horizonte, MG. Poisson, 2017.
- SOUSA, Rafaela. **Efeito estufa. Brasil Escola**. 2019. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/efeito-estufa.htm>. Acesso em 04 de out. de 2021.
- SKOWRONSKI, Paulo Cesar. **Gerenciamento de resíduos da construção civil no município de São Carlos-SC**. Palmitos/SC, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream.pdf>. Acesso: 20 de out de 2021.

CAPÍTULO 23

A SEGURANÇA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

SAFETY IN CIVIL CONSTRUCTION

Dyarla Oliveira Mesquita¹

¹ Engenharia Civil, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Segurança do trabalho é um conjunto de medidas baseadas em diversas normas técnicas que visam à proteção e o bem coletivo no ambiente de trabalho. A segurança na construção civil é algo indispensável e fundamental para garantir que ambos estejam amparados tanto de forma legal quanto de forma segura para exercer suas atividades profissionais e garantir com isso a segurança e qualidade perante sua mão de obra. Trabalhar a segurança do trabalho vai muito além de equipamentos de proteção e medidas de segurança, mas também envolve fatores sociais e qualitativos que contribuem para a harmonia, qualidade de vida e produtividade frente ao serviço praticado. A presente pesquisa buscou analisar à luz de teóricos expondo a importância da segurança do trabalho no setor da construção civil. Para tanto, pretende-se através de uma revisão de literatura compreender dentro de um contexto histórico as conquistas e evoluções a que os trabalhadores da construção civil obtiveram. Dessa forma como resultados, coloca-se em evidência a importância de se promover com eficácia a implantação de programas de saúde e segurança do trabalho e para a observância das Normas Regulamentadoras.

Palavras-Chave: segurança, construção civil, proteção, qualidade de vida.

Abstract

Occupational safety is a set of measures based on various technical standards that aim at protection and the collective good in the work environment. Safety in civil construction is essential and fundamental to ensure that both are supported both legally and safely to carry out their professional activities and thus guarantee safety and quality for their workforce. Working on safety at work goes far beyond protective equipment and safety measures, but also involves social and qualitative factors that contribute to harmony, quality of life and productivity in relation to the service performed. The present research sought to analyze in the light of theorists exposing the importance of work safety in the civil construction sector. In order to do so, it is intended through a literature review to understand within a historical context the achievements and evolutions that civil construction workers obtained. As a result, the importance of effectively promoting the implementation of occupational health and safety programs and compliance with Regulatory Norms is highlighted.

Keywords: Security civil, construction, protection, quality of life.

1. INTRODUÇÃO

Podemos definir Segurança do trabalho como sendo a adoção de um conjunto de medidas, que baseadas em diversas normas técnicas, visam a prevenção de acidentes de trabalho, derivados de erros operacionais, por outro lado a segurança no trabalho e segurança na construção civil requer amparos legais que trarão garantias de uma boa execução e bom funcionamento de qualquer obra de construção civil.

A importância dessa temática não é apenas para prevenir acidentes o que garante a segurança dos trabalhadores, mas também para garantir a qualidade e a confiabilidade tanto para a empresa, empregados e para o consumidor final. Vemos que ao longo da história esses indivíduos sempre estiveram expostos a riscos e após a revolução industrial no final do século XVIII muitas fábricas de máquinas a vapor exigiam que esses trabalhadores exercessem atividades em situações precárias e de riscos, havendo falta de cuidados básicos, sanitárias e condições insalubres. No entanto, especialmente no campo da construção civil, embora cada vez mais se dedique tempo à prevenção de riscos de novos projetos, tem havido falhas contínuas no cumprimento de prazos, manutenção de orçamentos e entrega de qualidade aos usuários finais.

A segurança no trabalho nunca foi tão importante quanto a própria obra finalizada ou o resultado almejado em si, e diante disso cabe enfatizar qual será a importância dessa etapa tão essencial e indispensável que garantirá a proteção não apenas dos indivíduos que estão na linha de frente da execução da obra como também a de todos que poderão usufruir deste empreendimento no futuro?

Para que se possa responder a tal indagação propõe-se como objetivo geral, analisar as condições e o meio ambiente de trabalho, enfatizando a importância do uso e aplicação dos meios de segurança na construção civil, colocando em evidência o atual perfil de todo o mercado e apontando para uma visão mais consciente. Para tanto, pretende-se; informar a importância da segurança do trabalho na construção civil, quais as causas de acidentes do trabalho, como prevenir acidentes e sugerir melhorias, de acordo com as normas aplicáveis; que se demonstrarão como objetivos específicos do presente estudo.

Assim, entende-se que a presente pesquisa poderá contribuir para melhorar a qualidade de vida tanto do empregado como também a produtividade da empresa, baseado nas Normas Regulamentadoras (NRS).

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca em livros, revistas e artigos científicos e outros livros técnicos, publicados nos últimos 12 anos, que abordaram a temática, em idioma português. Os artigos científicos sobre a temática que serão acessados nas bases de dados Scielo, CAPES, publicados, todos artigos nacionais, disponíveis online em texto completo. As palavras-chave utilizadas na busca foram: segurança, construção civil, proteção, qualidade de vida.



2. A SEGURANÇA NO TRABALHO NO BRASIL

Foi nesse contexto que se deu início as ações mitigatórias voltadas a dar segurança aos trabalhadores. Em 1919 deu-se a criação da organização internacional do trabalho-OIT e a primeira lei brasileira tratando de acidentes de trabalho (lei nº 3.724/19).

Segundo Ribeiro Neto (2008) a partir de década de 1960, houveram mudanças no Brasil referentes a legislação de segurança e saúde do trabalhador. Assim à partir da década de 1970, com a materialização da segurança e medicina do trabalho, a legislação eclodiu e culminou com a edição das Normas Regulamentadoras- NRs, em 8 de junho de 1978.

As normas regulamentadoras (NRs) apresentam os procedimentos que devem ser implantados para o bom desempenho dentro da empresa. Para cada risco eminente, existe uma NR que propõe medidas e métodos a serem implantados dentro da organização.

O Departamento do Trabalho e Emprego - MTE elaborou Normas Regulamentadoras (NRs) de segurança e medicina do trabalho, das quais se destaca a NR-18 - Obras de Construção, Demolição e Reparos específicas para os empregadores da construção civil. O objetivo e campo de aplicação desta norma é "a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança em processos, condições e ambientes de trabalho na construção civil" (Brasil, 2014).

Atualmente no Brasil a Segurança do trabalho é regulamentadas pela Portaria GM nº 3.214 do Ministério do Trabalho, essa Portaria, de 08 de junho de 1978 estabelece as Normas Regulamentadoras, as chamadas NR's. As NR's regulamentam as atividades da segurança do trabalho no ambiente organizacional (GARCIA, 2016).

Segundo a Secretaria do Trabalho (2020) as normas regulamentadores atualmente em vigor no país são:

- NR 01 - Disposições Gerais;
- NR 02 - Inspeção prévia;
- NR 03 - Embargo e interdição;
- NR 04 - Serviços especializados em engenharia de segurança e em medicina do trabalho;
- NR 05 - Comissão interna de prevenção de acidentes;
- NR 06 - Equipamentos de proteção individual – EPI;
- NR 07 - Programa de controle médico de saúde ocupacional;
- NR 08 – Edificações;
- NR 09 - Programa de prevenção de riscos ambientais;
- NR 10 - Segurança em instalações e serviços em eletricidade;
- NR 11 - Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais
- NR 12 - Máquinas e equipamentos;
- NR 13 - Caldeiras e vasos sob pressão;

- NR 14 – Fornos;
- NR 15 - Atividades e operações insalubres;
- NR 16 - Atividades e operações perigosas;
- NR 17 – Ergonomia;
- NR 18 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção;
- NR 19 – Explosivos;
- NR 20 - Líquidos combustíveis e inflamáveis;
- NR 21 - Trabalhos a céu aberto;
- NR 22 - Segurança e saúde ocupacional na mineração;
- NR 23 - Proteção contra incêndios;
- NR 24 - Condições sanitárias e de conforto nos locais de trabalho;
- NR 25 - Resíduos industriais;
- NR 26 - Sinalização de segurança;
- NR 27 - Registro profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no MTE (revogada);
- NR 28 - Fiscalização e penalidades;
- NR 29 - Segurança e saúde no trabalho portuário;
- NR 30 - Segurança e saúde no trabalho aquaviário;
- NR 31 - Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura;
- NR 32 - Segurança e saúde no trabalho em estabelecimentos de saúde;
- NR 33 - Segurança e saúde no trabalho em espaços confinados;
- NR 34 - Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e reparação naval;
- NR 35 - Trabalho em altura;
- NR 36 - Segurança e saúde no trabalho em empresas de abate e processamento de carnes e derivados.

A NR 18 estabelece um conjunto de medidas de ordem administrativa, de planejamento e organização interligados e as mesmas devem estar consonantes ao cumprimento do PCMAT (Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção).

Sampaio (1988, apud Júnior, 2002), aponta como objetivos do PCMAT:

- Garantir a proteção dos trabalhadores;
- Definir atribuições, responsabilidades e autoridade ao pessoal que administra, verificando atividades que possam influenciar na segurança e que intervêm no processo produtivo;
- Fazer a previsão dos riscos que derivam das etapas de execução da obra;



- Determinar medidas de proteção e prevenção que evitem ações e situações de risco;
- Aplicar técnicas de execução que reduzam ao máximo possíveis riscos de acidentes e doenças.

Júnior (2002) afirma que, para manter a segurança do canteiro, o PCMAT deve estar em harmonia com os seguintes programas:

- Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA;
- Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO;
- Implantação das Medidas de Proteção Coletiva;
- Implantação dos Equipamentos de Proteção Individual;
- Implantação das Medidas Preventivas do PCMAT;
- Programa Educativo sobre Prevenção de Acidentes e Doenças Ocupacionais.

Segundo Mattos (2011) é dever do setor de engenharia e segurança do trabalho identificar os causadores de doenças ocupacionais e geradores de acidentes e implementar nestes cenários medidas corretivas e ações destinadas a findar doenças e acidentes ocupacionais.

Para Araujo (2002) dentro da realidade e das características intrínsecas da indústria da construção civil, é notório a necessidade de criação de formas de gerenciamento tendo em vista a melhoria da qualidade do serviço geral, bem como a supervivência em um mercado altamente competitivo.

A legislação brasileira viabiliza que os estados e municípios estabeleçam uma legislação aplicada à Segurança do Trabalho desde que não alterem a legislação Federal (BAR-SANO & BARBOSA, 2018).

A construção civil cresceu consideravelmente diante do nosso atual cenário de pandemia covid-19 que vem se propagando até a atual data de elaboração deste artigo. Diante disso faz-se necessário mostrar que a construção civil requer cuidados e práticas de segurança que irão garantir não somente no curto, mas também no longo prazo a segurança de todos os envolvidos em todos os processos de planejamento, construção e uso.

Enfatizar a importância de adotar de maneira eficiente e correta as medidas de segurança necessárias para que uma obra de construção civil alcance seus resultados almejados e objetivos traçados tanto no planejamento da obra quanto as suas ações ao longo prazo. Esses imprevistos podem gerar altos custos físicos, estaduais e empresariais.

Segundo o Radar SIT – plataforma do Ministério do Trabalho e Previdência – apontam que em 2021 o Brasil registrou 423.217 acidentes de trabalho, média de 1.159 registros

por dia. Do total, 133.757 casos necessitaram de tratamento por período maior de 15 dias e 1.694 óbitos foram contabilizados.

Sendo assim a importância de se planejar e traçar de maneira eficiente às análises de risco estrutural ou físico de uma construção é tão importante quanto à própria execução da mesma, uma vez que sua aplicabilidade correta servirá não apenas durante a etapa de planejamento e construção, mas também ao longo prazo no uso de terceiros.

3. CAUSAS DE ACIDENTES DO TRABALHO

Para Opitz (1988), os acidentes de trabalho são oriundos de fatores internos ou externos. Esses fatores dividem-se em alguns grupos, são eles:

Os acidentes são ocasionados por atos inseguros ou condições inadequadas. Os atos inseguros são as ações cometidas pelos empregados de maneira indevida e estas são causadoras de acidentes, enquanto as condições inadequadas ocorrem no ambiente laboral e podem ocasionar acidentes, podendo haver relação com o empregado de maneira direta ou indireta (SILVA, 2014).

Para com Zocchio (2002), atos inseguros também podem ser chamados como atos conscientes, já que os indivíduos possuem ciência de cada ato que está sendo exposto ao perigo; atos inconscientes, aqueles que as pessoas desconhecem o risco a que estão expostos; e atos circunstanciais ocorrem quando as pessoas podem conhecer ou desconhecer o perigo, mas por um eventual motivo praticam o ato.

Condições inseguras: As condições inseguras para Zocchio (2002), são aquelas que colocam em risco a segurança do ambiente laboral, ou seja, são provenientes de uma irregularidade técnica ou pela falta de manutenção de algum dispositivo de segurança

Sendo assim, é papel da empresa garantir a segurança de todos os envolvidos no ambiente de trabalho, pois é dever dos técnicos de segurança, e encarregados analisar as condições de risco e previamente por em prática ações de correção para prevenção (RIBEIRO FILHO, 1974).

Para Salles (2010) os investimentos em segurança nas empresas são de fundamental importância, pois a segurança visa evitar o acidente, ou seja, aquilo decorrente do exercício do trabalho, ocasionando lesão corporal ou perturbação funcional que cause perdas sejam elas permanentes ou temporárias para o trabalho. Sendo assim conclui se que as condições do ambiente devem proporcionar segurança e comodidade para os operadores e todos os demais colaboradores que exercem essa atividade civil, sendo assim é indispensável que esses fatores estejam atrelados a condições tanto de segurança quanto também de ambiente.

Locais de difícil acesso e de difícil aplicação de eficiência das ferramentas de segurança podem proporcionar graus de risco mesmo que sejam corretamente utilizados. As ferramentas e as medidas de proteção são condições associadas ao ambiente de trabalho



que comprometem a integridade física e/ou saúde dos trabalhadores e a segurança das instalações e equipamentos. Por exemplo: máquinas sem proteção adequada, espaço insuficiente, iluminação inadequada, ventilação insuficiente, falta de sinalização nos canteiros de obras, presença de substâncias perigosas no ambiente de trabalho, etc.

Gerenciar as condições de garantir a segurança dos cooperadores e funcionários é algo não somente necessário para uma obra construção civil como também algo obrigatório e exigido por lei na qual garante o Amparo legal em consonância com as exigências das empresas.

4. A PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO

No que se refere a segurança na construção civil, a temática é algo não apenas atual como também indispensável a ser debatido em qualquer área tanto da construção quanto de qualquer instituição empresa ou atividade que exercem algum tipo de risco físico ou até mesmo estrutural.

Diante disso convém enfatizar e abordar que existem certos tipos de cuidados e precauções que se diferenciam dentro de cada uma dessas medidas de proteção. Cada área, tipo de serviço ou mão de obra requer certos tipos de cuidados a serem minuciosamente precavidos para que não venha pôr em risco vidas de terceiros. O descaso com esses cuidados podem trazer consequências desastrosas, por isso seguir o manual e as normas de segurança são fundamentais. Deve ser seguido de equipamentos devidamente aplicados e usados e medidas constitucionais e físicas que garantam a aplicabilidade e eficiência dos mesmos.

Segundo Júnior (2002) a aplicação do uso de equipamentos de segurança individual (EPI) servem como garantia de proteção de todos os envolvidos no ambiente de trabalho, o que acarretará em segurança e qualidade de vida.

Para Lima (2003) os investimentos em segurança do trabalho acarretam em benefícios que irão além da redução no número de acidentes contabilizados pela empresa, mas também trarão uma melhor eficiência no trabalho, maior produtividade, fator motivacional e conseqüentemente uma diminuição com despesas médicas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de tudo o que foi exposto, observa-se que a construção civil é um dos setores mais importantes da sociedade e que ao longo dos anos obtivemos neste setor enormes conquistas que culminaram para uma maior conscientização e empenho por parte da empresa e por parte dos empregados, culminando assim para que houvesse uma menor exposição aos riscos inerentes da profissão.

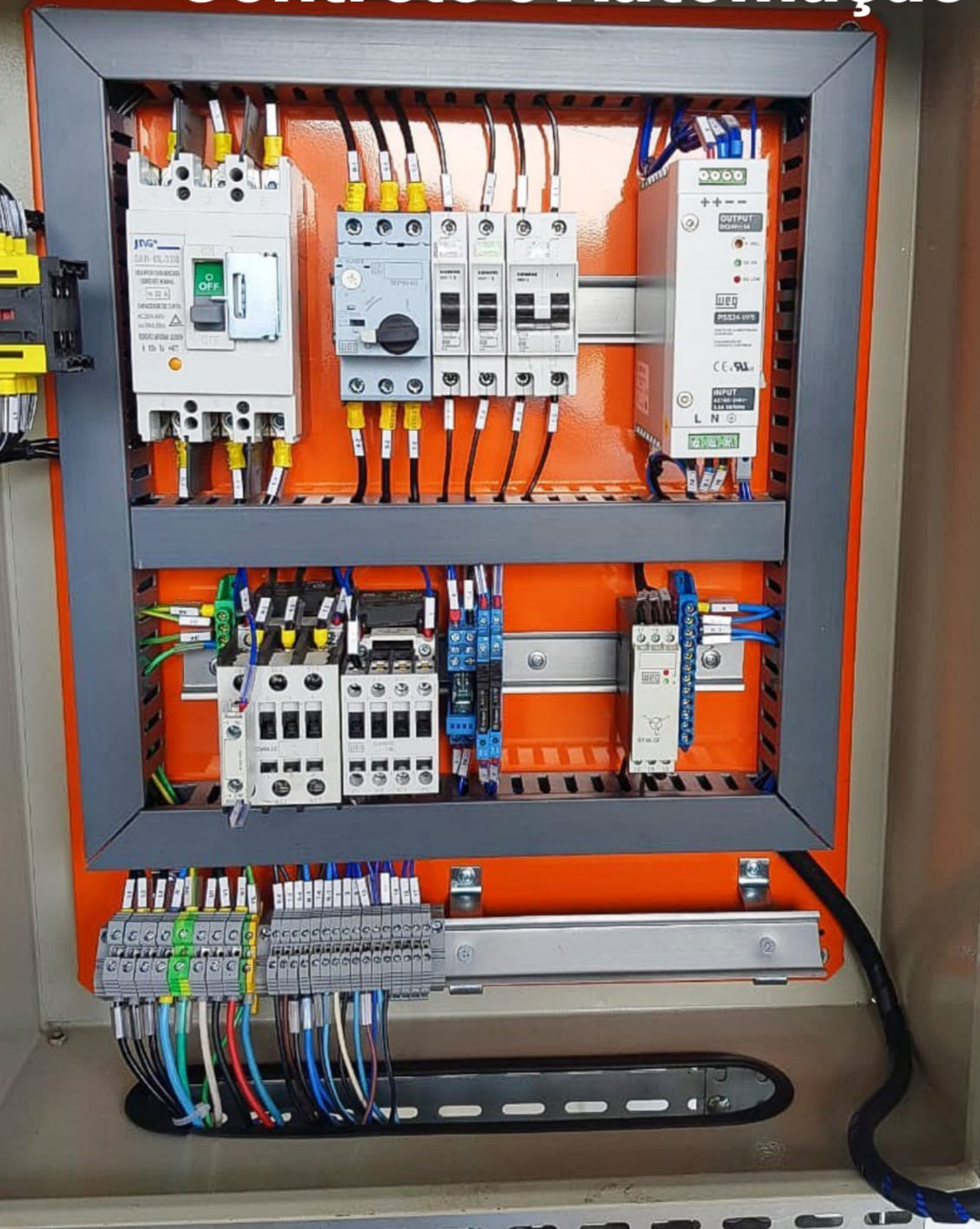
É válido ressaltar que, o estudo viabilizou o entendimento de que é imprescindível

adotar um planejamento adequado, frequentes investimentos em segurança, capacitação e treinamentos, além de cumprir e fazer cumprir as determinações regidas pelas Normas Reguladoras, que disciplinam diversas condições de trabalhos. Para que, assim, seja possível evitar perdas, garantindo assim um ambiente de trabalho prospero e seguro.

Como forma de sugestões de trabalhos futuros, este trabalho, foi sugerido que houvesse continuas melhorias das práticas de segurança na construção civil e na identificação das dificuldades encontradas pelas empresas. Por fim, uma cultura de prevenção na construção civil deve envolver a conscientização de todos os envolvidos de que ambas as partes são responsáveis em todo o processo, ou seja, a responsabilidade compartilhada pelos riscos e sua identificação, avaliação e eliminação.

Referências

- Araújo NMC (2002) Proposta **de Sistema de Gestão da Segurança e Saúde do Trabalho**, Baseado na OSHAS 18001, para Empresas Construtoras de Edificações Verticais. Tese. Universidade Federal da Paraíba. Brasil. 196 pp.
- BARSAÑO, P.R.; BARBOSA, R.P. **Segurança do Trabalho – Guia prático e didático**. São Paulo: Érico Ltda, 2015.
- BITENCOURT, Celso Lima; QUELHAS, Osvaldo Luís Gonçalves. **Historia da Evolução dos Conceitos de Segurança**. Rio de Janeiro, 1998.
- BRASIL, Ministério do Trabalho. **Manual de legislação, segurança e medicina do trabalho**. 27. ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- CHAGAS, Ana Maria de Resende; SALIM, Celso Amorim; SERVO, Luciana Mendes Santos. **Saúde e segurança no trabalho no Brasil: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores**. Brasília: Ipea, 2011.
- GARCIA, G. F. B. **Acidentes do Trabalho, Doenças Ocupacionais e Nexo Técnico Epidemiológico**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Método, 2016.
- LIMA, Francisco. **Os Custos dos Acidentes de Trabalho nas Empresas de Construção**. Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa e CEGIST Dez. 2003.
- OPITZ, O. **Acidentes do trabalho e doenças profissionais**. São Paulo: Saraiva, 1988.
- RIBEIRO NETO, João Batista M. **Sistema de Gestão Integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social e segurança e saúde no trabalho** João Batista M. Ribeiro Neto, José da Cunha Tavares, Silvana Carvalho Hoffmann. São Paulo: editora Senac, 2008.
- SAMPAIO, J. C. de A. **Manual de aplicação da NR 18**. São Paulo: Pini, 1998.
- SILVA, J. A. R. O. **Acidente do trabalho: responsabilidade objetiva do empregador**. 3. Ed. São Paulo: LTr, 2014.
- ZOCCHIO, A. **Prática de prevenção de acidentes: abc da segurança do trabalho**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2002.



CAPÍTULO 24

CONTROLE E AUTOMAÇÃO APLICADA A COMPUTAÇÃO EM NUVEM: DIGITALIZAÇÃO NA INDÚSTRIA 4.0

*CONTROL AND AUTOMATION APPLIED TO CLOUD COMPUTING:
DIGITALIZATION IN INDUSTRY 4.0*

Marcos Andrey dos Santos Ferreira¹
Jermylson Gomes Soeiro¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís - MA

Resumo

Este trabalho constituiu-se uma pesquisa bibliográfica sobre a computação em nuvem aplicada a automação, apontando as principais características e desafios principalmente em relação aos vários tipos de funcionamento desses sistemas, o tema será abordado por se tratar de uma evolução tecnológica, dentre as várias inovações presentes atualmente, a fim de facilitar e aperfeiçoar modelos de fabricação, produtividade nas empresas e em negócios. Este estudo demonstrará as características desses sistemas emergentes da Indústria 4.0, abordará seus conceitos e obterá informações sobre a arquitetura do sistema e os desafios de implementação. A partir disso, conclui-se que a computação em nuvem é aplicável a automação, embora enfrente grandes desafios em termos de implementação, equipamentos de hardware e acesso à rede. O ambiente físico cibernético existe para permitir processos em velocidades mais rápidas, e a digitalização é o caminho para o futuro.

Palavras-chave: Nuvem. Automação. Digitalização. Indústria 4.0.

Abstract

This work constituted bibliographical research on cloud computing applied to automation, pointing out the main characteristics and challenges mainly in relation to the various types of operation of these systems, the topic will be addressed because it is a technological evolution, among the many innovations today to facilitate and improve manufacturing models, productivity in companies and businesses. This study will demonstrate the characteristics of these emerging industry 4.0 systems, address their concepts and gain insights into the system architecture and deployment challenges. From this, it is concluded that cloud computing is applied to automation, although it faces major challenges in terms of implementation, hardware equipment and network access. The physical cyber environment exists to enable faster processes and speeds, and digitization is the way forward.

Keywords: Cloud. Automation. Digitization. Industry 4.0.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, com o avanço das tecnologias e a necessidade de se produzir com rapidez e eficiência, as indústrias, empresas e comércios tem buscado melhorar seus processos de produção; daí então, a maior parte desses estabelecimentos tem implantado o controle e a automação aplicada a computação. Esse tipo de serviço faz parte dos estudos do curso de Engenharia de Controle e Automação, que é uma área dentro da engenharia tecnológica, voltada ao projeto de máquinas automáticas e controle de processos industriais. Para isso, são utilizados elementos sensores, elementos atuadores, sistemas de controle, sistemas de supervisão, aquisição de dados e outros métodos que usem recursos da elétrica, mecânica e computação.

Essa área de engenharia é importantíssima nas sociedades contemporâneas, sobretudo porque facilita a automação na chamada “Indústria Inteligente” com que necessita de tecnologias voltadas a uma maior eficácia de produção e resultados. A indústria 4.0 representa a junção de diversas tecnologias, dentre elas a “computação em nuvem” que facilita a conexão de várias máquinas automáticas a um ou mais servidores.

O presente trabalho abordará subtemáticas que vão de encontro às necessidades das indústrias, tratando de subtemas como: Automação e Indústria; Digitalização na indústria 4.0; indústria Inteligente e IoT; Internet das Coisas e Computação em Nuvem. Todo assunto alicerçado em citações de autores renomados, tendo em vista se chegar a um entendimento a base das iluminações teóricas. O artigo objetiva informar o leitor/pesquisador sobre a importância e as necessidades de se utilizar da engenharia de controle e automação aplicada em nuvem; bem como demonstrar por subtítulos os assuntos que tratam especificamente do trabalho na Indústria 4.0, esclarecendo o passo a passo de cada tecnologia e seus processos de aplicação.

Todo trabalho baseou-se em pesquisa aprofundada em bibliografia de livros, artigos científicos, teses, periódicos, dissertações e, plataformas digitais como: google acadêmico e Scientific Library Online, sendo priorizado materiais publicados nos últimos 10 anos, tendo em vista informar o conteúdo mais atualizado possível.

2. AUTOMAÇÃO E INDÚSTRIA

O sistema de produção artesanal era o principal meio de fabricação adotado pela sociedade ainda no sec. XVIII na Inglaterra, com a finalidade do aperfeiçoamento da manufatura e rapidez na produção, foram desenvolvidas as primeiras ferramentas e dispositivos simples e semiautomáticos. Com o surgimento da automação industrial, se deu as vias de fato com a criação da máquina a vapor, impulsionando a fabricação de produtos manufaturados através da indústria, comumente conhecida como Revolução Industrial.



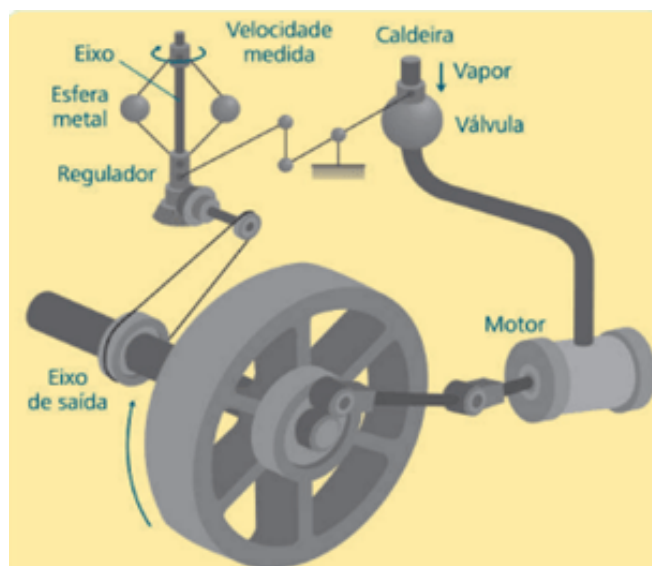


Figura 1: Regulador de fluxo de vapor de Watt
Fonte: Roggia e Fuentes (2016)

Roggia e Fuentes (2016, p. 23) relatam que “para controlar a velocidade de um motor a vapor, em 1769 o primeiro controlador automático com realimentação (figura 1), em um processo industrial foi utilizado, conhecido como regulador de esferas de James Watt”.

O desenvolvimento da automação continuou e a chamada “automação moderna” se expandiu em meados de 1950 no pós-segunda guerra mundial, impulsionada principalmente pelos investimentos da indústria automotiva, após a criação do transistor deu-se origem aos computadores industriais.

Silveira (2011, p. 54) ainda ratifica que “no passado, os sistemas automatizados eram sistemas fechados, que controlavam individualmente cada processo em uma instalação”.

De acordo com essa visão de Silveira, podemos iluminar o pensamento e associar a realidade... significa que antigamente, para cada máquina deveria existir um sistema que a sustentasse e enviasse comandos. Atualmente já percebemos outra situação em que um sistema poderá comandar várias máquinas e fazer várias funções simultaneamente.

A automação industrial é uma parte do sistema que atua diretamente no processo, é um conjunto de elementos que fazem com que a máquina se mova e realize a operação desejada. Estes elementos que formam a parte operacional são os dispositivos de acionamento e pré-acionamento como motores, cilindros, compressores, válvulas, pistões e também dispositivos de detecção como sensor indutivo, sensor capacitivo, sensor de visão, sensor ultrassônico, etc.

2.1 Digitalização na indústria 4.0

Para início de conversa, os autores esclarecem categoricamente que a Digitalização tem uma vertente ligada com a Sociedade 4.0, e essa sociedade depende muito de ferramentas de tecnologia de computação, podemos exemplificar que os programas dependem do hardware para poderem funcionar, bem como o hardware depende dos softwares para

se conectarem e serem visualizados.

Segundo Venturelli, Marcio (2021, p. 02) “a Digitalização proporciona o nascimento do que chamamos de Sociedade 4.0, onde depende de ferramentas na tecnologia de computação para serem integradas entre si”. O modelo entre uso de dados localmente e a utilização de *Cloud Computing* remete outras preocupações, dentre elas: segurança, sigilo de dados, velocidade de execução e confiabilidade do sistema. Tudo isso é importante para diversos empreendedores na hora de adquirir essas tecnologias.

A Digitalização tem como vertente a criação da indústria 4.0, que se caracteriza como uma transformação tecnológica, assim possibilita automatizar os processos dentro de uma organização ou indústria.

Moser (2020, pag. 02) “A transformação digital está cada vez mais presente no dia a dia das pessoas, e os dispositivos inteligentes como: os smartphones, notebooks, TVs e gadgets em geral; esses eletroeletrônicos fazem com que tenhamos uma sociedade cada vez mais conectada e dependente dos meios digitais”.

De acordo com a citação do autor, percebe-se de forma clara como as sociedades contemporâneas estão bem mais dependentes dos aparelhos digitais e tecnológicos. E as dependências de suas utilidades não se encontram mais somente em casa... já percebemos a sua difusão para os governos nas áreas da saúde, educação e segurança. Por outro lado, a indústria autônoma também é uma dependente desses meios.

Além dessa fundamentação Moser (2020), ainda esclarece que: “a maior parte das empresas no mundo e no Brasil, já estão fazendo a adesão dessa indústria digital para fins de melhoria de produção, assim como tornarem sua linha de produtos mais eficiente através do acompanhamento dessas tecnologias”.

Nessa perspectiva, o autor nos faz refletir e constatar que a maior parte das empresas tanto de zona urbana, quanto as da zona rural, sobretudo o agronegócio, se utilizam dos meios digitais, da automação, da informática para se evoluírem, para agilizarem seus processos de produção.

Entre os benefícios esperados, podemos citar o aumento de eficiência operacional, na ordem de 20% a 25%, e a ampliação do ciclo de vida dos equipamentos industriais em torno de 20% a 40% e – dependendo do caso – uma redução do custo total de propriedade (TCO) em índices superiores a 5% (MOSER, 2020, p.03)

Nota-se nessa citação, uma confirmação das informações; quando se refere ao aumento da eficiência operacional de produção. Com a tecnologia 4.0 é garantido a ampliação do ciclo de vida dos equipamentos; além disso, os custos de propriedades são reduzidos.

A digitalização é a evolução dos formatos da linguagem humana, métodos de transmissão de conhecimento, e processamento de conhecimento, que remonta à era dos falantes, bem-falantes, sendo assim manifestando uma compreensão profunda do orador e da sociedade, educação, ciência e política. Trazer a indústria para o nível digitalizado



requer um caminho transformacional, mas principalmente o projeto de sistemas automatizados em resposta às novas demandas de uma indústria já digitalizada (VENTURELLI, MÁRCIO 2021). Venturelli se refere a evolução da linguagem, e método, sua citação está nas novas formas como ela pode ser feita, e aponta que na indústria se faz presente, se tornado parte essencial do meio digital, em sistemas da indústria.

Nota-se também que investir na digitalização da indústria 4.0 em qualquer instituição, seja ela governamental ou privada, é ter uma garantia de resultados crescentes e animadores, fazendo assim com que os negócios sigam organizados e produtivos; o que trará uma enorme satisfação tanto aos trabalhadores de determinada entidade ou linha de produção, como ao gerente ou proprietário. Portanto, investimentos nessa área tecnológica são garantia de bons retornos.

3. INDÚSTRIA INTELIGENTE E IOT

Os Neste subtema, abordaremos sobre a Indústria inteligente, suas máquinas e suas funções para os trabalhos e demandas atuais. Informar-se-á sobre alguns dos sistemas e aplicativos que estão disponíveis para ajudar a resolver muitas das dificuldades e desafios que se originam nos meios de produção contemporâneos.

A Quarta Revolução Industrial, também conhecida como a Indústria 4.0, originou-se em meados de 2010 derivada de um projeto a respeito das estratégias sobre grandes tecnologias pretendidas pelo governo alemão. Caracterizada por englobar o que há de mais moderno nos setores indústrias, a indústria 4.0 visa o futuro por meio de tecnologias inteligentes.

As máquinas inteligentes e a análise de grandes dados computacionais são tecnologias relativamente novas, e a medida em que avançamos numa estrutura cada vez mais codependente desses sistemas, podemos encontrar complexidades e desafios que elas trazem. De acordo com Colombo e Karnouskos (2014, p. 23) “futuras fábricas devem ter *System of Systems* (SoS) que capacitará uma nova geração de aplicativos e serviços que, ainda, são impossíveis de perceber devido às limitações técnicas e financeiras”.

Segundo os autores, as futuras fábricas de produção em massa, tanto de bens de consumo, como de bens de produção, deverão utilizar o SoS, pois assim disponibilizará de uma geração de aplicativos que farão as melhorias do trabalho no setor. O Sistema SoS, oferta o que se tem de mais atual na automação, só que lamentavelmente devido a limitações financeiras e técnicas, ainda não é percebido pelo mercado.

Kagermann (2013, p. 25), chama atenção para “as utilidades da automatização e robotização, onde os sistemas por sua vez gerenciam a maior parte dos trabalhos realizados em uma linha de produção ou de montagem”.

Essa visão de Kagermann (2013) faz viajar pelo raciocínio de reflexão, porém também pela necessidade de empresas, fábricas e produtores autônomos se atualizarem em relação a automação e robotização; pois esse sistema e meio, reduz o tempo de serviço e aumenta a produtividade de que os utiliza. Kagermann (2013, p. 25) ainda diz mais...

“tonando a ação manual bem menos utilizada e dando mais precisão as atividades realizadas”. E mais, reduz a ação manual, redirecionando esse meio para um outro local, e facilitando a vida dos empresários e donos de indústria; porque os robôs podem fazer o mesmo serviço várias vezes por dia sem se cansar, se estressar e se entediar com a linha de produção, o que não aconteça da mesma forma com a mão de obra humana.

Kagermann (2013, p. 16) descreve sua visão do futuro em que: “as empresas deverão estabelecer redes globais, que incorporem suas máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção na forma de Sistemas Físico-Cibernéticos (CFS). Esse panorama do teórico, mostra bem um porvir na revolução futura dos meios de automação e robotização, pois o mesmo já alerta que as empresas “deverão estabelecer redes globais”, isso facilitará a comunicação das solicitações de serviços. E diz mais, que “incorporem suas máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção” ao dissertar isso, o autor chama atenção para toa a inovação e tecnologia que os empresários comerciantes e donos de fábricas de grande e pequeno porte terão a sua disposição. E Kagermann (2013, p. 16) acrescenta: “uma vez que cada sistema será independente, e o mesmo sendo capaz de compreender suas especificações e necessidades, além de se comunicar com os outros sistemas transferindo informações”.

Nessa visão teórica, o autor ressalta com poderá ser os sistemas de automação, dizendo que cada um deles no futuro poderá ser independente, contudo, estará conectado aos outros para que haja uma compreensão das necessidades. Além disso, a comunicação ficará mais fácil e a transferência de informações também

Hermann, Pentek e Otto (2015, p. 33), descrevem a existência de quatro componentes-chave para a formação da Indústria 4.0, e conseqüentemente a computação em nuvem, são eles:

Os *Cyber Physical Systems* (CPS) são sistemas que permitem a conexão de operações reais com infraestruturas de computação e comunicação automatizada, basicamente é um sistema no qual um mecanismo é controlado ou monitorado por algoritmos baseados em computador. O CPS é composto por uma unidade de controle, que comanda os sensores e atuadores (responsáveis pela interação com o mundo físico).

A *Internet of Things* (IoT) é arede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada para comunicar, sentir ou interagir com ambientes internos e externos. Permite que as “coisas interajam umas com outras e que tomada de decisões sejam feitas. Em outras palavras a Internet das Coisas é a conexão de objetos físicos com a internet, na forma de fazer com que itens ou dispositivos sejam capazes de coletar e transmitir dados.

A chamada *Internet of Services* (IoS) que em perfeito funcionamento trabalha com os dados processados e analisados em conjunto, criando uma diretriz na agregação de valor. Novos serviços serão introduzidos ou existentes serão melhorados; a oferta por diferentes fornecedores e diversos canais produzirão uma nova dinâmica de distribuição e valor.

Quando integrados, serão mais fáceis e simples de serem entendidos, já que a experiência como um todo se torna mais tangível. Quando isolados, serão mais complexos e

mais difíceis de terem tangibilidade.

Uma *Smart Factories* (SF), do português 'fábricas inteligentes', onde os CPS serão empregados nos sistemas produtivos, assim gerando significativos ganhos de eficiência, tempo, recursos e custos, se comparado às fábricas tradicionais.

Produtos, máquinas e linhas de montagem comunicarão entre si, trabalhando em conjunto e se monitorando, independentemente do local, com informações trocadas de forma instantânea, dependente de um elevado nível de automação.

De acordo com o que pudemos observar, os autores descreveram de forma bem detalhada os 4 (quatro) componentes e sistemas que são fundamentais para o melhoramento de uma produção em fábricas. Essa automação é uma conexão que facilita a robotização, que pelo que já se percebe, é o modo de trabalho contemporâneo mais utilizado.

Artigos que foram convidados para publicação, os mesmos já foram apreciados pelo Conselho Editorial da Editora Pascal, e não passarão pelo processo de avaliação.

3.1 Internet das coisas

O conceito de Internet das Coisas IoT, decorre de melhorias em sistemas embarcados, sensoriamento e microeletrônica. Responsável por conectar o mundo físico com o mundo digital; por meio do qual são geradas informações para que o big data possa realizar as suas análises de enormes quantidades de dados, sua principal função é a automação, o acesso remoto e informações em tempo real.

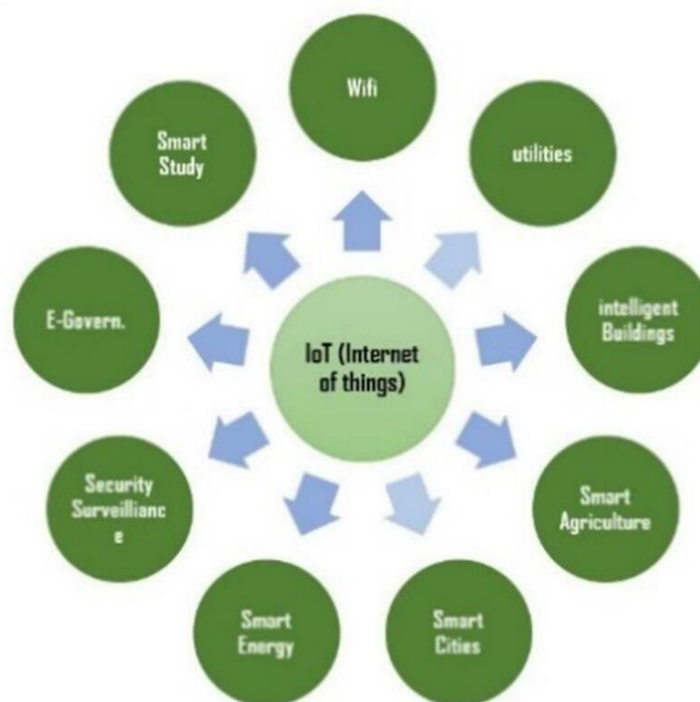


Figura 4: Conexões da iot
Fonte: Acervolima (2018)

A figura 4 (quatro), mostra as diferentes formas de emprego da iot, bem como a sua grande maleabilidade e aplicação. A Internet das Coisas refere-se a uma rede que conecta coisas para identificar e gerenciar coisas de forma inteligente. Além disso, a Internet das Coisas adota diversas tecnologias de informação e novos modelos de serviços, integrando assim a aplicação da informatização na sociedade humana (LINS, THEO 2015).

Lins (2015), em seus esclarecimentos, descreve a camada de transporte, que também é conhecida por “camada de rede”, tal serviço é utilizado na resolução de problemas de transmissão a longa distância, ou seja, é um tipo de tecnologia de alta qualidade para sanar situações que impedem transmissões necessárias. Nesse caso, podemos citar as transmissões de equipamentos de televisão e internet

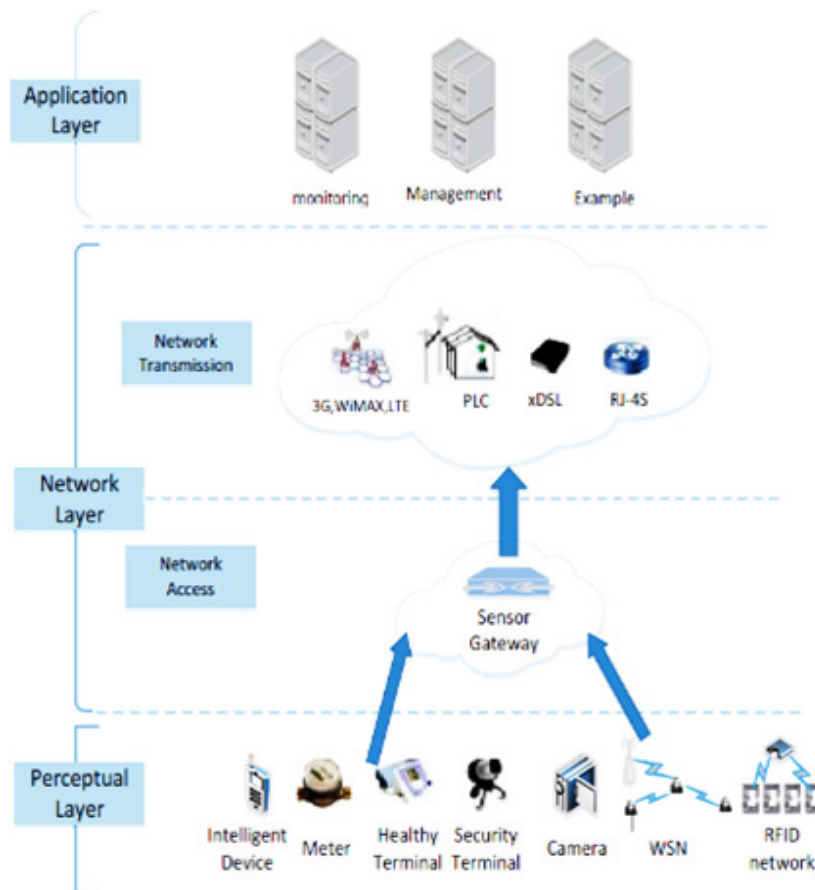


Figura 5: As três camadas de estrutura IoT
 Fonte: Lins, Theo (2015)

Como observado na figura 5 (cinco), a camada de percepção resolve o problema de coletar dados do mundo humano e do mundo físico e é considerada a camada central da IoT. Sua principal função é o reconhecimento de objetos e coleta inteligente. A camada de percepção consiste em dispositivos básicos de detecção, como etiquetas RFID; dispositivos de leitura, vários sensores, câmeras. Em redes de percepção como redes RFID; são usadas redes de sensores e etc.

Segundo Steinmetz (2018), atualmente, o método mais utilizado em IoT é o M2M a arquitetura M2M refere-se a uma solução que realiza a comunicação entre dispositivos em uma aplicação específica através de comunicação cabeada ou sem fio, ou seja, comunicação entre máquinas. A descrição do autor menciona o método M2M de arquitetura, produzido para realizar comunicação entre dispositivos em uma ação específica através de cabos, isto é, facilitando o funcionamento entre máquinas. O autor ressalta que esse

método é mais utilizado em IoT. Pois bem, aplica-se o método M2M a diferentes cenários, como no campo comercial, onde é frequentemente usado para melhorar o desempenho e a segurança e reduzir custos. O segmento de telemática (*telematics*) se destaca em automóveis e outros veículos, como sistemas de navegação, controle remoto de diagnóstico, cobrança automática de pedágio e ainda é o sistema de roubos.

Pelo que se nota, é grande a abrangência desse tipo de serviço tecnológico no mercado de bens e consumo nas sociedades contemporâneas. E percebe-se que esse método base para muitos dos produtos eletroeletrônicos comercializados pela maioria das indústrias mundiais.

4. COMPUTAÇÃO EM NÉVOA

Do inglês *Flog Computing* (também denominada computação em neblina, ou computação de borda ou nevoeiro) consiste na alocação do poder de processamento mais perto do limite da rede. Por tanto, é uma arquitetura de computação descentralizada, onde dados, cálculos, comunicações, armazenamentos, d=medições, aplicações e gerenciamentos, são distribuídos no local mais lógico e eficiente: entre a fonte de dados e a nuvem.

Kamienski (2016) diz que “o desenvolvimento de verdadeiras cidades inteligentes através da computação urbana necessitará da utilização conjunta de várias tecnologias para viabilizar a oferta de novos serviços aos cidadãos”. Bonomi (2012) ressalta que “mencionado pela primeira vez em 2012 Computação em Névoa, é um paradigma que se propõe a solucionar problemas relativos à grande quantidade de dados que inevitavelmente será gerada com o aumento de campo de utilização de IoT.

A princípio desta subtemática, os dois teóricos já descrevem bem o que vem a ser a computação em névoa, esclarecendo que quem utiliza esse modelo de tecnologia, leva desenvolvimento de verdadeiras cidades inteligentes. O que também é alegado, que esse tipo de paradigma propõe a solução de problemas relativos a quantidade de dados. Sendo assim, essa tecnologia é algo favorecedor.

O conceito de Computação em Nuvem (*Cloud Computing*) centraliza os recursos, de modo que podem ser acessados virtualmente de qualquer local que disponibilize acesso à Internet. Esta tecnologia atualmente é imprescindível para os serviços que utilizamos no nosso cotidiano, porém, a computação em nuvem pode perder parte de sua eficiência devida ao advento de novas tecnologias (IoT) que geram um grande volume de dados (*Big Data*), que precisam de atendimento prioritário, inclusive para não sobrecarregar as próprias nuvens e os meios de comunicação. Pode-se dizer então, que a névoa (*Fog*) é alocada no ponto mais conveniente entre o usuário final e a nuvem (*Cloud*), de modo a otimizar o processamento, armazenamento e transmissão da informação, proporcionando melhoria em todo o processo de comunicação de dados.

Estes recursos podem ser destinados em qualquer dispositivo capaz de realizar um processamento básico, ainda que com poucos recursos, dependendo do serviço que se deseja disponibilizar na névoa, tornando equipamentos como televisores, pontos de acesso sem fio, equipamentos de rede e semáforos inteligentes, por exemplo, como possíveis

pontos e disponibilização de recursos.

Zhu (2013, p. 73) afirma que “o trabalho de Bonomi foi um dos primeiros na área de computação em névoa, e trata de conceitos importantes sobre o tema, além de definir as principais características do serviço, abrindo espaço para futuros estudos sobre o tema”.

Alguns poucos trabalhos demonstram cenários mais específicos de aplicação, como onde é demonstrado um caso de utilização de computação em névoa para otimização de servidores web, através da organização de páginas de estilo, minimização do tamanho e número de requisições HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e maximizando a utilização do cache através de especificação estratégica do tempo de expiração de cada objeto. De acordo com Souza (2016, p. 33), “conceitos básicos de Computação em Névoa são aplicados para tentar solucionar o problema de alocação dos serviços da nuvem em uma estrutura estática localizada próxima dos clientes”. E Souza (2016, p. 33) acrescenta “o objetivo principal do trabalho não é medir o desempenho, mas mostrar como tomar a decisão sobre quais serviços serão alocados nos nós névoa”.

Souza, em suas descrições, mostra como o trabalho de alocação em névoa podem descomplicar um determinado ponto de instalação para o cliente. E diz mais, “o principal do trabalho não é medir o desempenho, mas mostrar como tomar a decisão”, que dizer, facilitando a instalação e a sintonia da conexão ao cliente.

Yigitoglu (2017, p. 51) ressalta “é uma arquitetura a computação em névoa que leva em consideração os principais aspectos que deve tratar um cenário real (mobilidade, alocação sob demanda, diminuição da latência, entre outros)”.

conforme mencionado acima na citação referente à teoria sobre computação em névoa, o autor faz menção dos principais aspectos dessa tecnologia; entre os aspectos estão: mobilidade, alocação sob demanda e diminuição de latência. Pode-se observar pela nomenclatura dos aspectos que são vantagens para o ponto de instalação.

A arquitetura proposta é baseada em *containers* Linux ou (LXC²) e abrange diversos componentes de uma estrutura de computação em névoa. Neste trabalho não é descrito como foi feita a implementação e nem experimentos baseados em dados reais.

Um dos poucos trabalhos a apresentar uma estrutura e resultados para cenários de computação em névoa voltados para IoT, o trabalho é direcionado para o gerenciamento de contexto, ou seja, identificação das situações que ocorrem no momento e determinação das medidas a serem tomadas pelo orquestrador de computação em névoa (CHENG, 2017, p. 85).

A citação acima descreve que, o orquestrador de computação deve estar focado na parte de gerenciamento de contextos, e não apenas especificar o modo do qual uma estrutura de computação em névoa deve ser montada num cenário real. Nos trabalhos relacionados são apresentadas várias ideias sobre como montar uma estrutura de computação em névoa, sugestões de arquiteturas e gerenciamento de contexto. Em geral as arquiteturas são voltadas a serviços específicos e muitas vezes sem apresentar resultados e modelos de utilização baseados em cenários e dados reais. Este se diferencia por criar um cenário baseado em dados reais em laboratório, que sirva de referência para qualquer

cenário, efetuando experimentos e observando os resultados do cenário mostrado nas próximas seções.

5. COMPUTAÇÃO EM NUVEM E A INDÚSTRIA

O desenvolvimento da automação industrial trouxe enormes avanços tecnológicos na economia de tempo, na redução dos custos de mão de obra e rendimento. No entanto, também apresenta desafios a médio e a longo prazo, especialmente em termos de gerenciamento de grandes quantidades de dados e da manutenção necessária para manter todo o ecossistema funcionando.

As soluções que a computação em nuvem dispõe são promissoras para esses problemas. Ao armazenar as informações remotamente, se garante mais autonomia na operação das máquinas dentro da indústria e possibilita a mecanização das manutenções e atualizações de software, entre muitos outros benefícios. Para muitos que ainda não conhecem, ou para aqueles que pouco sabem sobre esse tipo de tecnologia; está sub temática abordará alguns conhecimentos e informações sobre o que são esses avanços na área de informática em nuvem, que podem fazer com que o indivíduo se surpreenda com essa inteligência na área da computação.

Para Mentsiev (2021, p. 33), o termo nuvem é nada mais que “uma ferramenta de dados online, na qual fornece serviços relacionados a servidores, banco de dados, redes, armazenamento, análises e outros mais”.

Através de sistemas de repositórios conectados à rede, o emprego da nuvem se faz viável, tornando tarefas mais rápidas e ágeis. Os sistemas de Computação em nuvem são de fundamental importância nos mais variados setores industriais ao redor do mundo, o fornecimento de serviços de computação, incluindo servidores, armazenamento, bancos de dados, rede, softwares se destacam no cenário atual.

Na visão de Mosco (2017, p. 154) a nuvem é “um sistema que move dados armazenados em computadores individuais e nos departamentos de TI das instituições, para grandes datacenters distantes, operados por empresas que cobram pelo armazenamento e uso”. Mosco e Azure comentam em suas citações sobre quais são os benefícios obtidos por quem decide aderir ao sistema de computação em nuvem. A redução com gastos em equipamentos de armazenamento é um dos ganhos; por outro lado a segurança em não perder seus arquivos para os danos e possíveis perdas nos aparelhos de armazenagem. Por outro lado, a redução de locais para colocação de servidores e seus suportes já é um ganho bem significativo.

Brynjolfsson e McAfee (2014, p. 28) argumentam que “os computadores são tão habilidosos que é praticamente impossível prever quais aplicativos podem ser usados daqui alguns anos”. A constante evolução tecnológica e a demanda por novas soluções fazem com que a indústria não seja previsível, passando sempre por grandes transformações.

5.1 Aplicações da nuvem na indústria

Após estudar sobre a computação em nuvem e a indústria, neste subtítulo, dar-se-á informações de como são realizadas as aplicações de nuvem na indústria de vários segmentos e produção de vários tipos de bens e produtos, que necessitam agilizar suas linhas de produção. Segundo explica Mentsiev (2021, p. 82), “com a chegada e a implementação de diversos serviços e tarefas remotas, a mão de obra no chão das fabricas tende a reduzir”.

Mentsiev (2021, p. 82) ressalta: “tarefas antes realizadas por humanos em diferentes setores da indústria passaram a ser o geridas e substituídas por computadores inteligentes que dispõe de inteligência artificial embarcada, fornecendo um alto grau de qualidade e flexibilidade em suas atribuições. Mentsiev é bem categórico no que disserta em relação as realidades encontradas no mundo industrial, como também no mercado de trabalho; o teórico afirma que com a chegada da inteligência artificial, a mão de obra humana tende a reduzir. E a solução para esse tipo de afastamento do ser humano nas funções de indústrias, é a capacitação na operação dessas máquinas.

Mentsiev (2021, p. 83), também, explica que “toda a cadeia de implementação voltada as tecnologias a nuvem não só economizam tempo, mas também são uma forma de poupar dinheiro”. Nesse sentido, nota-se os benefícios da “cadeia de produção”, o autor esclarece que a “tecnologia em nuvem” tende a economizar tempo e poupar dinheiro para donos de empresas e indústrias, pois é algo altamente rentável, preciso e produtivo para esses setores.

E Mentsiev (2021, p. 83) complementa “uma vez que a máquina irá reduzir a chances de erros, as organizações podem utilizar fluxos de trabalhos em uma escala confiável, contribuindo para a melhor gestão de ativos da corporação”. É notório de acordo com a afirmação acima, que a utilização de maquinário a base de automação e conectado a uma cadeia de produção comandada pela computação em nuvem, reduz erros de produção, bem com são mais precisos no serviço, e não se estressam como o organismo humano.

5.1.1 Nuvem em finanças

Mentsiev (2021, p. 32), acrescenta que “um sistema financeiro com implementações e soluções em nuvem tem um custo de manutenção bem baixo, devidos aos vários recursos que esse setor proporciona, e que pode ser usador em seu favor”. O teórico explica bem sobre o baixo custo da utilização de soluções em nuvem aplicados a sistemas financeiros. A nuvem a trabalho de sistemas bancários, favorece o desenvolvimento dos serviços prestados; tudo feito em pouco tempo e com vários recursos.

Programas como (SaaS) estão sendo usados por diversos bancos e seguradoras no setor financeiro afim de tratar tarefas administrativas, a tecnologia de IA que utiliza aprendizado em máquina baseado na nuvem, com a finalidade de ajudar os mercados de finanças nas estratégias e gerenciamentos de dados e contas em banco.



5.1.2 Nuvem no setor automotivo

Magomadov (2020, p. 123) diz “no passado recente a comunicação entre cliente e o fornecimento de soluções e adequações de pedidos foram facilitadas, isso se dá devido a introdução das ferramentas para fornecer exatamente o que os clientes desejam e procuram.

A inserção dessas ferramentas, o processo deixa de ser complexo, e passa a ser acompanhando a demanda de peças dos fabricantes e fornecedores automotivos, executando os dados disponíveis em âmbito virtual através da nuvem. Para Magomadov (2020, p. 123), “o acompanhamento dos dados e de sua oferta são as melhores soluções por via técnica que a nuvem dispõe”. Recentemente devido as grandes medidas preventivas que visaram conter o avanço do coronavírus, com o fechamento de lojas físicas e a retenção da produção das fábricas, o setor automotivo sofreu um impacto negativo e abrupto com a paralização das linhas de montagem. “Uma das alternativas para reerguer e dar escalabilidade em logística e agilidade contornando obstáculos, se deu pela implementação do chamado “Sistema integrado de gestão empresarial” ERP na nuvem (NEGROMONTE; EMANUEL 2020, p. 79).

Negromonte (2020, p. 55), ainda afirma que “além de melhorar a qualidade da produção, a rede de informações a nuvem também engaja clientes e fornecedores, proporcionando maior agilidade no processo”.

Conforme a citação de Negromonte (2020), o controle de dados ajuda a garantir a eficiência das informações sendo necessária para atender aos requisitos do EDI (*Electronic Data Interchange*), protocolo eletrônico no qual se permite a troca de mensagens entre fabricantes e montadoras. Melhorias de velocidade e custo são itens fundamentais para implementar um sistema em nuvem.

Emoto e Rabello (2020, p. 21) compartilham que o ERP, é o fim do desperdício, a migração para os meios digitais se tornando uma grande oportunidade para toda uma cadeia de negócios, proporcionando menores custos, maior eficiência, otimização de inventário. A tecnologia ERP, pelo visto nas afirmações do autor, aumenta a proteção exigida pelo protocolo de diálogo, garantindo uma versatilidade entre fornecedores e a indústria automotiva, se adequando as necessidades futuras e atuais, de fato, um serviço que colabora com a agilidade e necessidade da produção atual.

5.1.3 Nuvem na manufatura

Magomadov (2020, p. 25) afirma que “cada parte do processo de fabricação pode ser integrada a soluções em nuvem. O processo é veloz, uma vez que peneirar os mesmos canais para pedidos de tamanhos distintos com a premissa de entregar os produtos de acordo com as necessidades é mais eficiente.

Na citação acima observamos uma grande vantagem do gerenciamento que é feito através de sistemas baseado em nuvens, os programas fazem a gestão automaticamente, executando o controle e automação por software a cada parte do processo, isso significa

que cada máquina pode funcionar individualmente mesmo conectada ao sistema, dando assim um equilíbrio no consumo de energia e direcionamento de uma ferramenta por vez se desejar. Para Magomadov (2020, p. 27), “a maioria das empresas fazem o uso da nuvem em aplicações essenciais dispondo dos seus serviços, aplicando sua estrutura depois de estudos e levantamentos de viabilidade financeira e estrutural”.

De acordo com a visão de Magomadov, a maioria das empresas mundiais já utilizam o serviço da nuvem em sua automação para serviços, pois a nuvem estrutura todo o sistema e agiliza os trabalhos a serem ministrados. Mesmo com esses benefícios, as instituições que desejam implantar essa tecnologia da automação, fazem levantamentos para constatar sua viabilidade financeira e estrutural.

5.2 Tipos de Nuvens

A arquitetura da nuvem é composta por vários modelos e tipos de serviços e implantação, além de funcionamento. Primeiramente o usuário precisa determinar o tipo de implantação de nuvem ou a arquitetura de computação em nuvem, no qual seus serviços de nuvem deveram ser implementados. Há três maneiras diferentes de implantar serviços de nuvem: nuvem pública, nuvem privada ou nuvem híbrida.

As Nuvens Públicas pertencem a um determinado provedor de serviço de nuvem terceirizado e são administradas por ele, que fornece recursos de computação (tais como servidores e armazenamento) pela Internet.

Com uma nuvem pública, todo o hardware, software e outras infraestruturas de suporte são de propriedade e gerenciadas pelo provedor de nuvem. O cliente basicamente acessa esses serviços e gerencia sua conta usando um navegador da Web.

A Nuvem Privada se refere aos recursos de computação em nuvem usados exclusivamente por uma única empresa ou organização. A nuvem privada pode estar localizada fisicamente no datacenter local da empresa. Algumas empresas também pagam provedores de serviços terceirizados para hospedar sua nuvem privada. Uma nuvem privada tem seus serviços e a infraestrutura são mantidos em uma rede privada.

As Nuvens Híbridas combinam nuvens públicas e privadas ligadas por uma tecnologia que permite que dados e aplicativos sejam compartilhados entre elas. Permitindo que os dados e os aplicativos se movam entre nuvens privadas e públicas, uma nuvem híbrida oferece a empresa maior flexibilidade, mais opções de implantação e ajuda a otimizar sua infraestrutura, segurança e conformidade existentes. Conforme Azure (2021, pag. 01), “ainda há os tipos de serviços de nuvem que cada serviço de computação se encaixa, entre eles estão: IaaS e PaaS”.

E Azure (2021, pag. 01), explica que “os tipos de estruturas encontrados, IaaS (infraestrutura como serviço), PaaS (plataforma como serviço). As características de cada nuvem são definidas:



- IaaS (infraestrutura como serviço) é a categoria mais básica de serviços de computação em nuvem. Com a IaaS, você aluga a infraestrutura de (TI), no que inclui servidores e máquinas virtuais (VMs), armazenamento, redes e sistemas operacionais, de um provedor de nuvem, com pagamento conforme o uso;
- PaaS (plataforma como serviço) a plataforma como serviço refere-se aos serviços de computação em nuvem que fornecem um ambiente sob demanda para desenvolvimento, teste, fornecimento e gerenciamento de aplicativos de software.

De acordo com Azure (2021). PaaS foi rojetado para permitir que os desenvolvedores criem aplicativos móveis ou da Web de maneira fácil e rápida sem se preocupar em configurar ou gerenciar a infraestrutura de servidor subjacente.

O provedor em nuvem cuida da configuração, do planejamento de capacidade e do gerenciamento de servidores para você. As arquiteturas sem servidor são altamente escalonáveis e controladas por eventos, usando recursos apenas quando ocorre uma função ou um evento que desencadeie esse uso (AZURE, 2021 pag. 01).

Em suas citações anteriores, o teórico explica que o PaaS foi produzido para facilitar a vida dos desenvolvedores de aplicativos, sendo assim, para os mesmos criar aplicativos móveis ou de internet se torna bem mais fácil. Além disso, salienta o autor, o provedor se encarrega de toda configuração, do planejamento da capacidade de uso, e ainda administra os servidores. Uma tecnologia altamente rentável. Azure (2021), deixa bem claro... “na nuvem existem várias configurações, que permitem cada órgão ou empresa se planejar de acordo com sua capacidade ou necessidade”.

Com toda essa capacidade citada por Azure, a mesma tecnologia ainda assume para si o gerenciamento dos servidores a que for licenciada. Dessa forma, cada empresa escolhe sua estrutura de rede, baseando-se não somente em seus produtos, mas também em suas necessidades e avanços futuros. Para Colombo e Karnouskos (2014, p. 57), “fica evidente então, que a computação em nuvem se adequa a qualquer tipo de empresa ou negócio, através de suas ramificações”.

Os autores ressaltam que a computação em nuvem é um benefício tão prestativo e tão moderno que já é programado para se adapta a qualquer tipo de negócio ou empresa que deseje utilizá-la. Percebe-se que o campo de sistemas industriais está mudando cada vez mais à medida que adota conceitos, tecnologias, ferramentas e abordagens emergentes baseadas na Internet. Os Avanços rápidos no poder de computação, combinados com as vantagens da nuvem e seus serviços, se torna possível criar uma nova geração de sistemas industriais baseados em serviços, que os recursos residem na nuvem e nos dispositivos e sistemas físicos.

5.3 Segurança da Nuvem

Tratar de segurança é tratar de responsabilidade, confiabilidade e proteção. Portanto, o sistema de nuvem também conta com esse aspecto importante no mundo da tecnolo-

gia de informática e computação, onde qualquer sistema, se não protegido, pode sofrer invasões.

Mentsiev (2021, p. 77), analisa que “a computação em nuvem como um mecanismo que facilita o gerenciamento e a manipulação de dados obtidos por meio dos sistemas automatizados”. Os esclarecimentos do autor são pertinentes a questão de segurança para o serviço de tecnologia em nuvem, pois as medidas de segurança devem se mostrar eficazes a processo de automação e controle de sistemas. Os provedores e servidores dependem de segurança ligada para lidar com as ameaças. Entretanto com a introdução de novas tecnologias e protocolos na comunicação em Internet Protocol (IP), já contem inserido nos sistemas automatizados das indústrias ferramentas de segurança, entretanto encontram-se arcaicas e desatualizadas, e abrem brechas em seus sistemas, aumentando riscos de vazamentos de dados. Para tanto, é preciso atualizar essa área de proteção.

Mentsiev (2016, p. 22), ressalta que “os usuários aproveitem todos os benefícios que a computação em nuvem, alertando da existência de diversas ameaças que podem causar severos problemas e diversos danos as suas tarefas e dados”. É sabido que a maioria deles desconhecem como o provedor de serviços em nuvem gerencia seus dados, e nem imaginam exatamente onde os dados são alocados ou armazenados.

Ao optar por usar serviços de computação em nuvem, os usuários podem lidar com dados confidenciais de terceiros, ajudando-os a manter e fazer backup de seus dados ou recursos; e por isso, é necessário que se disfrute de segurança adequada para que se possa manipular os dados com tranquilidade.

Ainda de acordo com Magomadov (2020), “os ataques cibernéticos são automatizados e fazem uma espécie de varredura, para facilitar o descobrimento de brechas e vulnerabilidade que estão em trabalho de comunicação baseada em IP”. Baseando-se no alerta de Magomadov, as nuvens atuais já dispões de serviços de proteções adaptáveis, descoberta de API (*Application Programming Interface*) avançada, Integração com *Dev ops*, visibilidade de ataque profundo e gerenciamento de segurança avançado. Tudo isso para inibir ataques cibernéticos nos sistemas de automação.

Em suma, é recomendável que os sistemas de empresas e indústrias que contam com a tecnologia de computação em nuvem, disponham de segurança reforçada em seus servidores, tendo em vista inibir invasões de *hackers*. A proteção sempre é necessária para que os usuários desse serviço possam trabalhar com tranquilidade ao manipular os dados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Relatar sobre a tecnologia da automação aplicada a computação em nuvem, é dissertar sobre estudos, pesquisas e experiência relacionados a área de atuação de do curso de engenharia da Automação, o qual habilita para produção e organização de projetos robóticos e cibernéticos que facilitem a vida de empresas e indústrias no mercado mundial. E ao redigir o trabalho ora elaborado foi de extrema importância, pois me direcionou a realizar pesquisas que trouxeram novas informações e atualizaram os conhecimentos limitados



até então, fazendo com que o aprendizado sobre o assunto fosse ampliado.

O presente artigo também objetivou demonstrar esclarecimentos e noções básicas sobre a automação aplicada a computação em nuvem, referindo-se à digitalização e automação na Indústria 4.0, tendo em vista explicar de maneira fácil e prática esses conteúdos ao leitor/pesquisador da área. Além disso, informar sobre a tecnologia da Internet das Coisas, a Computação em Nuvem; mencionando a aplicação dos serviços da Computação em Nuvem na Indústria e empresas, na produção de bens e serviços. Por fim, detalha os tipos de nuvens e a segurança dela através de suas funções e adequações ao cliente. Entre as ideias principais deste projeto, está a de esclarecer ao leitor interessado, as finalidades da computação em nuvem, bem como seus tipos e suas aplicabilidades nos servidores de instituições públicas e privadas; ademais, produzir material teórico-prático com informações e esquemas que possam colaborar com a instrução e entendimento de colegas da área de automação.

O trabalho de pesquisa reuniu assuntos recentes e pertinentes sobre esta área de atuação, contando com uma vasta bibliografia analisada e estudada; e portanto, está suscetível a atualizações. No mais, os objetivos pretendidos, em sua maioria foram alcançados no sentido de elencar subtemas essenciais para conhecimento e estudos de pessoas interessadas nesta área tecnológica.

Referências

- AZURE. **O que é Computação em Nuvem?** [2021]. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-cloud-computing/#benefits> Acesso em: 29 de out de 2021.
- BONOMI, F., Milito. **"Fog Computing and Its Role in the Internet of Things"**, MCC workshop on Mobile cloud computing, Agosto (2012).
- BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologie**. W.W. Norton & Company: Nova Iorque, [2014]. Acesso em: 30 de out de 2021.
- CASTILHO, U; KAMIENSKI, A. **Aplicação de Computação em Névoa na Internet das Coisas para Cidades Inteligentes: da Teoria à Prática** (2018). Acesso em: 22 de abril de 2022.
- CHENG, et al "FogFlow: Easy Programming of IoT Services Over Cloud and Edges for Smart Cities. **IEEE Internet of Things Journal** Volume: PP, Issue: 99. (2017)
- COLOMBO; KARNOUSKOS. **Cloud Based Industrial Cyber-Physical Systems** [2014]. Disponível em; https://www.researchgate.net/publication/261987865_Cloud-Based_Industrial_Cyber-Physical_Systems. Acesso em: 30 de out de 2021.
- EMOTO; RABELLO. **ERP na nuvem para indústria automotiva: investimento para além da crise**. Disponível em; <https://www.segs.com.br/info-ti/239262-erp-na-nuvem-para-industria-automotiva-investimento-para-alem-da-crise/> (2020). Acesso em: 27 de abril de 2022.
- HERMANN, M. **Design Principles for industrie 4.0 Scenarios**. [2015]. Disponível em: http://www.snom.mb.tudortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf. Acesso em: 30 de out de 2021.
- KAGERMANN, H. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0**. [2013]. Acesso em: 29 de out de 2021.
- KAMIENSKI, C. **Computação Urbana: Tecnologias e Aplicações para Cidades Inteligentes**, Minicursos SBRC 2016, maio de 2016.

- LAMB, FRANK. **Automação industrial na prática**. editora AMGH, [2015].
- MAGOMADOV, VS. IOP Conf. **The digital twin technology and its role in manufacturing**. 2020.
- LINS, THEO. **Indústria 4.0 E IoT (Internet Das Coisas) 2015**. Disponível em: <http://www2.decom.ufop.br/imobilis/industria-4-0-e-iot/>. Acesso em: 27 de abril de 2022.
- MENTSIEV, A. **Reviews on Security Issues and Challenges in Cloud Computing**.
- MOSCO. **Becoming digital: toward a post-internet society**. [2017] Acesso em: 30 de out de 2021.
- MOSER, ANDRÉ LUÍS. **Digitalização na indústria abre caminho para mais eficiência operacional e redução de custos** 2020. Disponível em; <https://www.industria40.ind.br/artigo/19702-digitalizacao-na-industria-abre-caminho-para-mais-eficiencia-operacional-e-reducao-de-custos>. Acesso em: 29 de out de 2021.
- NEGROMONTE, EMANUEL. **Indústria automotiva e os investimentos em ERP na nuvem** (2020). Disponível em: <https://dinheirobr.com.br/industria-automotiva-e-os-investimentos-em-erp-na-nuvem>. Acesso em: 27 de abril de 2022
- ROGGIA, L; FUENTES, C. **Automação Industrial**. Santa Maria: CTISM/UFSM, 2016.
- SILVEIRA, BERTULUCCI. **O que é automação industrial?** [2011]. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/o-que-e-automacao-industrial/>. Acesso em: 27 de abril de 2022.
- SOUZA, V. Handling Service Allocation in Combined Fog-Cloud Scenarios. **IEEE International Conference on Communications**, p. 0-4.
- STEINMETZ, CHARLES. **Uma Abordagem para a Integração de Sistemas Industriais Aplicando o Conceito de Internet das Coisas e de Modelos Semânticos no Contexto da Indústria 4.0**. 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/180113/001070007.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20, abril 2021.
- VENTURELLI, MÁRCIO. **A evolução da Automação Industrial no contexto da Digitalização e Indústria 4.0** [2021]. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/a-evolucao-da-automacao-industrial-no-contexto-da-digitalizacao-e-industria-4-0>. Acesso em: 30 de out de 2021.
- YIGITOGU, E. Foggy: A Framework for Continuous Automated IoT Application Deployment in Fog Computing. **IEEE International Conference on AI & Mobile Services**, 2017, p. 38-45.
- ZHU, J. Improving Web Sites Performance Using Edge Servers in Fog Computing Architecture. **IEEE Seventh International Symposium on Service-Oriented Sys Engineering**; 2013, p. 320-323.

CAPÍTULO 25

A EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO NO CHÃO DE FÁBRICA

THE EVOLUTION OF AUTOMATION ON THE FACTORY FLOOR

Gilbení Ferreira Moreira¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

Em um ambiente industrial, a automação pode ser definida como uma técnica que utiliza sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais na operação e controle de processos. Hoje, vários exemplos de automação podem ser encontrados em linhas de produção industrial, como: máquinas de montagem mecanizadas, sistemas de controle de produção industrial com realimentação e robôs industriais. No ambiente produtivo, a falta de informações confiáveis cria, muitas vezes, uma imagem do chão de fábrica que não retrata a realidade, comprometendo o desempenho e diminuindo a agilidade da empresa. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi discutir a respeito dos processos de manufatura no chão de fábrica. 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 Controle e Automação. Além disso, conclui-se a automação é um processo natural de desenvolvimento social, no sentido de melhorar o cotidiano da sociedade, permitindo dinâmicas mais eficientes e rápidas, aplicadas às mais diversas atividades humanas. Esta situação facilita muito a otimização da realidade pessoal, reduzindo o tempo e proporcionando motivação para a eficiência e segurança.

Palavras-chave: Evolução tecnológica. Indústria 4.0. Automação industrial. Automação no chão de fábrica. Controle industrial.

Abstract

In an industrial environment, automation can be defined as a technique that uses mechanical, electronic and computer systems in the operation and control of processes. Today, several examples of automation can be found in industrial production lines, such as: mechanized assembly machines, industrial production control systems with feedback and industrial robots. In the productive environment, the lack of reliable information often creates an image of the shop floor that does not portray reality, compromising performance and reducing the company's agility. In this context, the objective of the work was to discuss about the manufacturing processes on the shop floor. 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 Control and Automation Engineering. In addition, automation is a natural process of social development, in the sense of improving the daily life of society, allowing more efficient and faster dynamics, applied to the most diverse human activities. This situation greatly facilitates the optimization of personal reality, reducing time and providing motivation for efficiency and safety.

Keywords: Technological evolution. Industry 4.0. Industrial automation. Automation on the factory floor. Industrial control.



1. INTRODUÇÃO

Um processo industrial é um sistema de ações que estão inter-relacionadas de forma dinâmica e que estão orientadas para a transformação de determinados elementos. O ramo industrial vem buscando a perfeição e a qualidade de seu produto, aumentando suas vendas e a confiabilidade do consumidor que junto com tecnologia fez com que a indústria buscasse sempre a precisão no ato de fabricar o produto.

Em um ambiente industrial, a automação pode ser definida como uma técnica que utiliza sistemas mecânicos, eletrônicos e computacionais na operação e controle de processos. Hoje, vários exemplos de automação podem ser encontrados em linhas de produção industrial, como: máquinas de montagem mecanizadas, sistemas de controle de produção industrial com realimentação e robôs industriais.

A automação do monitoramento de máquinas no chão de fábrica permite um maior controle da produção, fornecendo diversos benefícios para a indústria. Ao monitorar os equipamentos no chão de fábrica, o gestor pode coletar dados úteis, identificar possíveis falhas de segurança ou gargalos. Com essa análise eficiente e prática, a indústria se torna mais produtiva, melhorando a qualidade do produto.

Diante desse contexto, justifica-se que esse trabalho irá demonstrar que a automação do chão de fábrica visa vários benefícios, e já é implantada em várias empresas pelo mundo, de olho na otimização dos processos as empresas tem feito altos investimentos para que tenham bons resultados, diminuindo os riscos de perda e produção por falhas humanas e acidentes pessoas.

Nota-se que a automação de processos no chão de fábrica tem sido fundamental para o crescimento de todos os seguimentos na indústria, visando a segurança da vida humana, a produtividade e qualidade dos serviços. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: a automatização do chão de fábrica tem gerado um grande avanço na indústria e quais são eles?

No objetivo geral do presente estudo é discutir a respeito dos processos de manufatura no chão de fábrica. Além dos objetivos específicos elaborar uma narrativa sobre as primícias da automação no chão de fábrica; descrever sobre o sistema automação e informação e demonstrar o funcionamento dos principais controles de processo utilizados no chão de fábrica.

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 DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Fenerick e Volante (2020) recorda que ao longo da história, desde a invenção da máquina a vapor, inúmeras inovações tecnológicas desempenharam um papel importante na formação do campo de pesquisa e desenvolvimento, o que levou a um enorme e importante crescimento da indústria, o que levou à Revolução Industrial. Até hoje, um evento muito importante levou ao desenvolvimento de tecnologia que busca eficiência e eficácia nos processos (FENERICK; VOLANTE, 2020).

2.1 História da robótica

A escritor tcheco Karen Capek usou o termo robô em 1920, nomeando-o uma das maiores invenções no chão de fábrica alguns anos depois, e o termo foi usado em um de seus dramas de ficção científica "Robot" Sen's Universal Robot" e a palavra robô é derivado de sua palavra eslava para robô, que significa "trabalho forçado" (GAMERO, 2018).

De acordo com o Robotics Research Institute (RIA), um robô industrial é definido como um manipulador multifuncional reprogramável projetado para mover materiais, ferramentas ou equipamentos especializados através de vários movimentos para realizar várias tarefas. Seguindo essa linha de pensamento, a ISO 10218 afirma que um robô industrial é uma máquina manipuladora com múltiplos graus de liberdade, controle automático, reprogramabilidade, multifuncional, podendo ter uma base fixa ou móvel para aplicações de automação industrial (GARCIA, 2013).

Quarenta anos após o primeiro uso do termo robô, o primeiro robô industrial projetado por George Devol foi instalado no chão de fábrica pela UNIMATION Inc. na década de 60, com uma estrutura operacional composta por uma combinação de braços automáticos, garras, articulações, linhas de produção tarefas operacionais em (MASULO; CARDOSO, 2012).

2.2 A revolução industrial

O desenvolvimento da indústria teve início após a invenção da máquina a vapor, a primeira revolução industrial, teve início na Inglaterra no século XVIII, um marco importante no capitalismo, segundo Amaral (2010, p. 12) "o capitalismo começou na Inglaterra tomou seus primeiros passos, mais precisamente na década de 1780 com o surgimento da cidade industrial".

Essa máquina, criada por Thomas Newcomen em 1711 e posteriormente aperfeiçoada por James Watt, possibilitou sua introdução fora das margens dos rios, o que antes não era possível porque dependiam de energia hidráulica (OLIVEIRA, 2014).

Os produtos artesanais são substituídos por máquinas, as condições de trabalho não restringem mais a produção, os trabalhadores trabalham em condições adversas ao ritmo



das máquinas, a mão de obra se torna barata, tem grande impacto social entre a burguesia e os trabalhadores, mudanças no processo produtivo, economia de tempo e aumento produtividade, revolucionando a economia (AMARAL, 2010)

Outra invenção importante foi a energia a vapor, que foi essencial para o desenvolvimento de meios de transporte para movimentação de mercadorias de um lugar para outro e, à medida que a produção de ferro, carvão e aço avançava, tornou-se essencial para a indústria. Reino Unido (OLIVEIRA, 2014).

No século XIX, o grande marco foi o início da segunda revolução, a descoberta de avanços em tecnologias de eletricidade, transporte e comunicação importantes para a indústria e o desenvolvimento da indústria química (SILVA; GASPARIN, 2016).

Segundo Datheïn (2013), devido à grande flexibilidade da energia elétrica na época, na indústria, as máquinas a vapor exigiam que todos os equipamentos operacionais como geradores fossem instalados no mesmo ambiente, para que a energia elétrica pudesse conectar o motor ao equipamento, reduzindo o número de eixos de transmissão e uso de correias. Outro marco importante na revolução e evolução industrial foi o uso do petróleo devido às grandes vantagens sobre o carvão em termos de produção, ocupação, mão de obra e espaço.

Para Cuogo (2012), a indústria química se destacou a partir de meados do século XIX, pois até então o foco principal era a indústria têxtil, mas após importantes descobertas formaram a base das indústrias farmacêutica e de plásticos, além de outras áreas grande desenvolvimento. Durante a Segunda Guerra Mundial, a terceira revolução industrial surgiu de acordo com as necessidades que ocorreram durante a guerra.

Portanto, esta fase da revolução é fortemente influenciada por novas descobertas e avanços tecnológicos. A produção nesse período é de tecnologia da informação, software, robótica, informática, biotecnologia, microeletrônica, telecomunicações, engenharia genética, etc. E nas últimas décadas do século XX, entre as décadas de 70 e 80, essa revolução e sua produção desempenharam um papel moderador no desenvolvimento e evolução da sociedade e dos métodos de produção no mercado de robótica (FENERICK; VOLANTE, 2020).

Magalhães (2018) explica que à acirrada competição do mercado, as empresas buscam a melhoria contínua do artesanato e se esforçam para aderir à tecnologia robótica na linha de produção, para que novas revoluções surjam, as indústrias continuem a evoluir e se adaptar, a chamada quarta revolução industrial está surgindo e inovando, a principal característica: robótica, inteligência artificial, biotecnologia, neurotecnologia, dark chains, internet das coisas e impressão 3D, com enormes implicações econômicas, ambientais, sociais e éticas, pois ao investir em tecnologias digitais, distanciam-se da concorrência Stand fora, contribuindo para a redução dos recursos naturais e sua eficiência, no entanto, há substituição de mão de obra em diversos setores industriais (MAGALHÃES, 2018).

2.3 Automação

As condições de negócios atuais forçam as empresas a competirem através das cadeias de valor das quais fazem parte e não mais como unidades de negócios individuais. Para que as empresas possam se sobressair frente à concorrência, bem como para atingirem os níveis adequados de responsividade no atendimento aos seus consumidores necessitam integrar seus processos tanto internamente quanto aos processos de seus parceiros de negócios (ROCHA; AGOSTINHO, 2016).

Uma forma possível de integração de processos das empresas consiste na automação desses processos de modo a possibilitar a integração dos diversos processos de negócio. Desse modo, são criadas as condições para que as empresas consigam ser competitivas (BARBOSA, 2012).

Silveira e Santos (2010) define automação como um conjunto de técnicas por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com alta eficiência através do uso de informações recebidas do processo no qual atuam, a partir destas informações o sistema calcula uma ação corretiva em função da necessidade do processo, esta é uma característica de sistemas em malha fechada, mais conhecidos como sistema com realimentação, ou seja, aquele que relaciona o valor da saída ao da entrada do processo.

Segundo Bittar (2014), a palavra "automação" é derivada da palavra grega "auto-matos", que significa "ação própria". Ela refere-se a um aparato, a um processo ou a um sistema que é capaz de operar por conta própria sem assistência externa.

Para Barbosa (2012), a palavra automação está diretamente ligada ao controle automático, ou seja, ações que não dependem da intervenção humana. Porém o autor afirma que este conceito é discutível devido às impossibilidades da construção e da implementação dos processos automáticos sem a presença do elemento humano.

De acordo com Agostinho (2014), sendo a atividade de engenharia um dos quatro conjuntos processos de negócios que compõem o Sistema de Manufatura (além de chão de fábrica, negócios e suporte), com um papel importante na sobrevivência de uma empresa.

Segundo Fantoni et al (2014), o processo de fabricação atual caracterizado por etapas do processo manuais e complexos, tamanho de lote pequeno, um elevado número de variantes e as propriedades difíceis dos materiais. Agostinho (2014) faz uma classificação da automação em 10 graus como apresentado na Figura 1. Este quadro está dividido em três colunas, a primeira apresenta os graus de automação, atributo humano (mecanizado e automatizado) e exemplos de automação.

	Grau de Automação	Atributo Humano Mecanizado/Automatizado	Exemplos
1	Ferramentas manuais	Nenhum (MEC)	Pá, alicates, garfo e máquinas manuais
2	Máquinas e ferramentas com fontes de energia	Energia (MEC)	Furadeira elétrica, pistola de pintura
3	Máquinas automáticas de ciclo de trabalho fixo	Destreza	retificadora, tomo paralelo, radial
4	Máquinas automáticas de trabalho	Diligência	Tomo Copiador, máquinas CN sem auto-correção
5	Máquinas que incorporam controle retroalimentado (auto medição e auto ajuste)	Julgamento	Controladores de processo, máquinas CN c/ auto-correção
6	Controle por Computador	Avaliação através de algoritmo	Projeto assistido por computador, robôs p/ montagem programável.
7	Auto-programação limitada	Aprendizado	
8	Relacionamento causa-efeito	Análise	
9	Originalidade	Criatividade	
10	Comando de outras	Domínio	

Figura 1 - Os dez graus de automação
Fonte: Agostinho (2014)

Segundo Makris e Alexopoulos (2012) há problemas com a automação da engenharia de produção, a geração e a execução de um projeto de engenharia de produção podem levar um longo tempo e podem envolver várias organizações em diversas localizações geográficas. Para os mesmos autores, outro ponto delicado reside no acompanhamento e melhoria dos planos de produção que podem ser complexas e difíceis de serem automatizadas.

2.4 Objetivos e segmentos da automação

O grande papel da automação industrial, não é eliminar o homem do processo industrial e sim, integrar diferentes processos, seguindo um projeto e um gerenciamento administrativo e financeiro. Pode-se então definir automação industrial como um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos vários processos na indústria, substituído o trabalho muscular e mental do homem por equipamentos diversos (MAITELLI, 2001).

Junior et al., (2003) explica que a automação não tem o menor interesse em promover o desemprego e sim uma maior capacitação dos processos, como principais objetivos que pode-se destacar:

1. Qualidade: busca-se através da automação um controle de qualidade eficiente, compensação de deficiências do sistema, processos sofisticados
2. Flexibilidade: admitir mudanças dos parâmetros do processo de acordo com a necessidade deste ou exigência do cliente;
3. Produtividade: melhor uso dos equipamentos com manutenções preditivas pois os equipamentos são inteligentes e propiciam uma supervisão do funcionamento, e

maior aproveitamento da matéria prima, reduzindo estoques;

4. Viabilidade técnica e econômica: permissão de utilização de operações impossíveis de se realizar com custos estoques;

2.5 Áreas da automação industrial

Diversos autores classificam as diferentes formas de automação industrial em três áreas que ainda não foram bem delimitadas: a automação fixa, a automação programável e a automação flexível.

2.5.1 Automação fixa

A automação fixa é baseada na fabricação de um determinado produto. É amplamente utilizado quando são necessários grandes volumes, utilizando equipamentos especialmente desenvolvidos para a produção rápida e eficiente de grandes quantidades de produtos avulsos ou peças avulsas (SILVA; NASCIMENTO, 2013).

Um bom exemplo dessa área de automação pode ser encontrado na indústria automotiva, onde as estações de trabalho realizam operações de usinagem nos componentes do motor e da transmissão e nos diferentes componentes que compõem as máquinas automotivas. Devido à sua alta produtividade, esses dispositivos costumam ser muito caros. No entanto, devido à alta produtividade, os custos fixos são divididos em um grande número de unidades fabris. Consequentemente, o custo unitário resultante é relativamente baixo em comparação com outros métodos de produção (PAZOS, 2012).

2.5.2 Automação Programável

Baseia-se em equipamentos capazes de produzir diversos produtos com características diferentes, conforme um programa de instruções previamente carregado no equipamento (SILVA; NASCIMENTO, 2013).

Makris e Alexopoulos (2012) afirma que a automação programável é um importante facilitador de processos de produção que exigem a produção de vários produtos. Isto significa que uma vez definida uma determinada categoria de produto no sistema fabril, basta selecionar um programa diferente no controlador para iniciar a fabricação de um novo produto, facilitando assim a alternância de produção de diferentes produtos. No entanto, o tempo necessário para reconfigurar cada programa programaticamente para um novo produto pode ser demorado.



2.5.3 Automação Flexível

A automação flexível é uma extensão da automação programável e, de fato, sua definição exata ainda está evoluindo. O sistema de automação fornece equipamentos de controle automático, proporcionando grande flexibilidade para modificações no projeto do produto. Essas alterações podem ser realizadas rapidamente por comandos fornecidos pelo operador por meio de código (SILVEIRA; SANTOS, 2008).

Os sistemas de produção flexíveis são capazes de produzir tipos específicos de produtos sem perda significativa de tempo de produção devido à adição de novos produtos. Portanto, o sistema pode produzir diversas combinações de produtos sem a necessidade de organizá-los em diferentes lotes (NATALE, 2015).

3. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO E INFORMAÇÃO

As empresas estão sempre tentando melhorar a eficiência de suas operações a fim de conseguir maior lucratividade. Das ferramentas de que os administradores dispõem, as tecnologias e os sistemas de informação estão entre as mais importantes para atingir níveis de eficiência e produtividade nas operações (LAUDON, 2017).

A coleta automática de dados no chão de fábrica através de sistemas de automação, integrados com os sistemas de informação, garante a inserção de informações atualizadas sobre o que está ocorrendo na produção e pode ser considerada uma estratégia para a solução deste problema.

3.1 Sistemas de informação

Conforme Laudon (2017), um sistema de informação pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização.

As empresas beneficiam-se cada vez mais da utilização dos sistemas de informação. Mendes (2012) afirma que os sistemas de informação permitem controlar toda a empresa, da área de produção à área de finanças, registrando e processando cada fato novo na engrenagem corporativa e distribuindo a informação de maneira clara e segura, em tempo real.

Existem diversos *softwares* no mercado dispostos a executarem estas funções. Dentre eles, podem-se citar os sistemas MRP (*Material Requirement Planning*), MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), os sistemas de programação com capacidade finita e por último os sistemas ERP.

Uma característica peculiar destes tipos de sistemas de informações é a necessidade

que eles têm em obter dados precisos e confiáveis referentes aos processos produtivos pelos quais são responsáveis. Muitas vezes a utilização de dados incorretos, ou até a falta destes dados, impede que os sistemas realizem com eficiência e rapidez a tarefa para a qual foram projetados.

3.1.1 Sistemas MRP/MRP II

Os sistemas MRP e MRP II são sistemas SAP de grande porte, amplamente utilizados nas indústrias cujos principais objetivos são garantir o cumprimento dos prazos de entrega dos pedidos dos clientes com a mínima formação de estoques, planejando as compras e a produção dos itens para que ocorram apenas nos momentos e nas quantidades corretas.

Os sistemas MRP partem do princípio de que a planta de produção e os recursos para produzir um item estarão sempre disponíveis, porém é impossível ter uma garantia de que a empresa sempre disponibilizará de mão de obra suficiente para a fabricação do produto e que não existirão falhas ou gargalos nos processos produtivos (CORRÊA, 2010).

O MRP II cobre as lacunas deixadas pelo seu antecessor, como o planejamento de equipamentos disponíveis para fabricação do produto e disponibilidade de mão de obra. Ainda conta com uma série de cálculos complexos que levam em conta o roteiro de produção, os tempos envolvidos em cada operação e o *lead time*¹ do produto. O MRP II se diferencia do MRP pelo tipo de decisão de planejamento que orienta; enquanto o MRP orienta as decisões de o que, quanto e quando produzir e comprar, o MRP II engloba também as decisões referentes à como produzir (CORRÊA; 2010).

Mesmo com um propósito muito mais abrangente que sua versão anterior o MRP II ainda manteve, do ponto de vista da integração de sistemas, um distanciamento muito grande do chão de fábrica. O MRP II pela quantidade de variáveis manipuladas apresenta um tempo de resposta muito longo e ignora por muitas vezes eventos não planejados ocorridos no chão de fábrica, como defeitos no material e quebra de máquinas.

3.1.2 Sistemas de programação da produção com capacidade finita

A programação da produção consiste em definir quais atividades produtivas devem ser realizadas, quando e com quais recursos devem ser executadas. Dependendo do sistema produtivo da organização este conjunto de decisões pode ser mais, ou menos complexo (CORRÊA, 2010).

Corrêa (2010) cita que problemas como quebra de máquinas, falta de matéria prima, operações de retrabalho e falta de funcionários podem influenciar de diferentes formas na obtenção do objetivo final.

Os sistemas de programação da produção com capacidade finita têm a característica principal de considerar fatores como capacidade produtiva, características tecnológicas,

disponibilidade de mão de obra e maquinário. A avaliação de todas essas variáveis tem por objetivo garantir que o programa de produção resultante seja viável, ou seja, caiba dentro da capacidade disponível (LAUDON, 2017).

Estes sistemas apresentam uma vantagem em relação aos sistemas MRP II no que diz respeito à capacidade que eles têm em gerar programas viáveis para sistemas produtivos complexos, pois em muitos casos podem possuir técnicas de simulação baseadas em algoritmos de inteligência artificial (CORRÊA, 2010).

3.1.3 Sistemas ERP

Mendes (2012) aponta que os sistemas ERP têm sido cunhados como o estágio mais avançado dos sistemas tradicionalmente chamados MRP II. Segundo Davenport (2010), estes sistemas têm por objetivo integrar todos os processos e atividades da empresa. De forma geral, os sistemas ERP fornecem suporte às atividades administrativas, comerciais e produtivas.

Uma das grandes vantagens dos sistemas ERP é a consistência das informações. A partir da utilização de um único banco de dados, o sistema acaba com as divergências entre dados relativos a um mesmo assunto fornecidos por departamentos diferentes

Corrêa (2001) afirma que os diversos módulos que compõem o ERP conforme figura 2, tais como módulos de distribuição física, custos, recebimento fiscal, faturamento, recursos humanos, finanças e contabilidade estão integrados entre si e com os módulos de manufatura, a partir de uma base de dados única e não redundante



Figura 2 - Módulos de um sistema ERP
Fonte: Neves (2008)

Neste ponto vale salientar que os antigos sistemas MRP, MRP II e Programação da Produção com Capacidade Finita, agora estão integrados como módulos de manufatura dentro dos sistemas ERP.

Embora os ERPs tenham em sua composição módulos específicos voltados para as necessidades da manufatura, muitas vezes a eficiência destes módulos é questionada, pois os mesmos não refletem o dinamismo com a qual as mudanças acontecem no processo.

Segundo Neves (2018), tem-se observado uma lacuna que distancia os sistemas ERP e as tecnologias utilizadas no chão de fábrica, referente à troca de informações. Esse vazio é evidenciado pela falta de conhecimento do que acontece nos processos em tempo real. Por isso, a necessidade da integração do chão de fábrica, de forma simples, instantânea e confiável, com o sistema ERP é fundamental à melhoria dos processos produtivos.

Esta lacuna de integração, entre chão de fábrica e gestão, está sendo preenchida por uma camada de software denominada MES. O MES surge com a tarefa de criar uma camada de software com função de auxiliar a execução da produção.

3.1.4 Sistemas MES

O MES basicamente é composto por um conjunto de softwares de Tecnologia da Informação e diversos serviços dedicados a controlar as operações de chão de fábrica, de modo a prover integrações a todas as outras operações de manufatura existentes.

O termo MES – Manufacturing Execution Systems, ou Sistema de Execução da Manufatura, foi criado em 1990 por Bruce Richardson da *Advanced Manufacturing Research* (AMR).

A aceleração do mercado de MES surgiu da necessidade de se constituir um nível intermediário entre os sistemas ERP e o chão de fábrica. Deste modo, o MES é a chave que possibilita uma integração de dados muito mais ampla e confiável entre os sistemas de gestão e o chão de fábrica, preenchendo a lacuna deixada por praticamente todos os sistemas de administração da produção neste aspecto.

Ainda segundo Corrêa (2001), os sistemas MES destinam-se a aumentar a dinâmica dos sistemas de planejamento da produção, e, conseqüentemente, dos sistemas ERP, que não seriam capazes de lidar com aspectos tais como o andamento de uma ordem enquanto essa está em progresso e com restrições de capacidade de curtíssimo prazo.

3.2 Sistemas de automação

Os sistemas de automação em geral, operam em um nível mais abaixo dos sistemas de informação propriamente ditos. Neste nível encontram-se, entre outros, CLP's (Contro-



ladores Lógicos Programáveis), sensores, atuadores, conversores de frequência e IHM's (Interfaces Homem Máquina).

Lacombe (2014) define que a automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão de obra em qualquer processo. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção. Na Figura 3 tem-se representado um sistema de automação simples, contendo uma IHM, três CLP's e alguns sensores e atuadores.

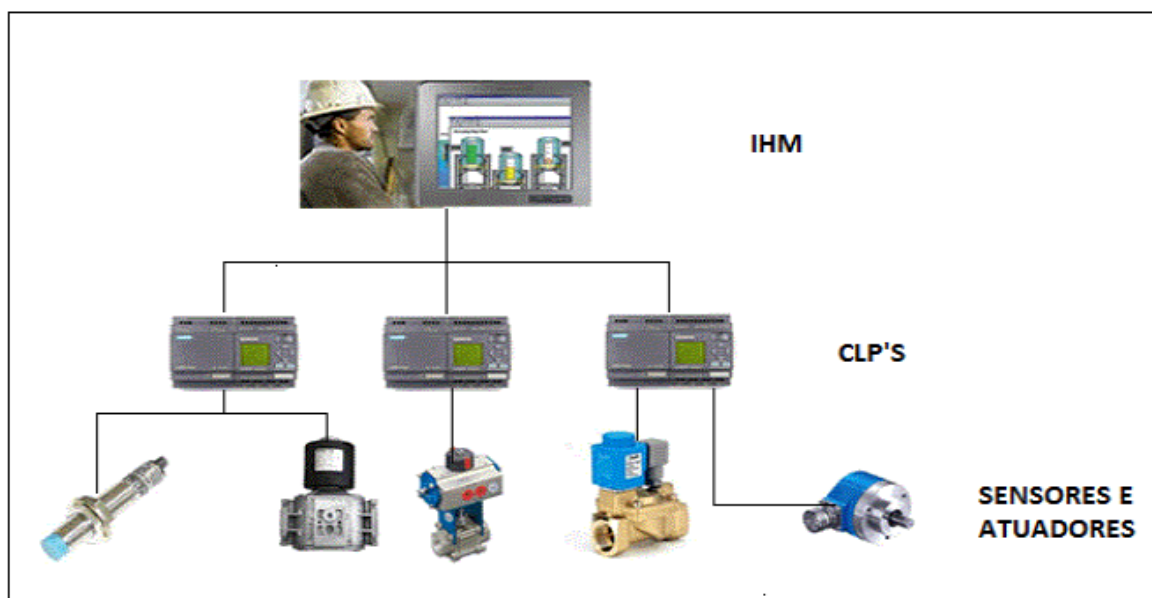


Figura 3 - Componentes de um sistema de automação
Fonte: LACOME (2004)

Um sistema de automação em geral tem a função de controlar um ou mais processos produtivos.

3.2.1 Evolução dos sistemas de automação

O CLP é um dispositivo eletrônico que controla máquinas e processos. Utiliza uma memória programável para armazenar instruções e executar funções específicas que incluem controle de energização e desenergização, temporização, contagem, sequenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados (ROCKWELL AUTOMATION, 2016).

O grande salto tecnológico e evolutivo na área da automação se deu a partir do momento em que os CLP's começaram a ser utilizados em larga escala. O uso de CLP's permitiu aumentar a flexibilidade na produção. Antigamente, muitas máquinas e processos eram controlados e acionados por relês eletromecânicos, fator que não proporcionava nenhuma expansibilidade ou integração com outros processos.

Hoje os CLP's operam de forma dinâmica, permitindo configurar e reprogramar os seus sistemas de forma muito rápida e fácil. Em um sistema típico, estes dispositivos recebem informações de uma série de sensores conectados aos módulos de entradas, e através da lógica do programa desenvolvido pelo usuário, executam as ações necessárias

para acionar os atuadores conectados aos pontos de saída.

À medida que os CLP's foram sendo difundidos, os níveis de exigência e complexidade aumentaram. Atualmente os CLP's, que antes controlavam apenas máquinas isoladas, hoje são empregados em aplicações de linhas e até no controle de uma fábrica inteira. Esta demanda fez surgir a necessidade de integração entre estes dispositivos. Neste ponto as tecnologias de rede de comunicação passaram a ser empregadas também nos CLP's.

3.2.2 Protocolos e redes de comunicação industriais

Os sistemas que utilizam as tecnologias de redes industriais têm crescido consideravelmente ao longo dos últimos anos nos mercados nacional e internacional. Assim, os usuários, que antigamente utilizavam os sistemas centralizados (com CLP's apenas), estão migrando para sistemas mais flexíveis, capazes de atingir longas distâncias e de realizar um controle físico distribuído (sem centralização de cabos), que são as redes industriais (LUGLI, 2019).

Albuquerque (2019) também afirma que nas indústrias, as redes industriais já realizaram uma revolução comparável à feita pela internet na comunicação. Hoje, controladores lógicos programáveis, expansões, interfaces homem-máquina, conversores de frequência, controladores de processos, sistemas supervisórios e outros elementos, formam redes complexas em fábricas, permitindo que a informação flua de forma instantânea e precisa ao longo de todas as etapas de produção, supervisão, gerenciamento e planejamento.

Na Figura 4 pode-se ver uma rede industrial utilizando diferentes protocolos de comunicação e integrando, desde os sensores a atuadores no nível mais baixo, que representam o chão de fábrica, até as *WorkStations*, no nível mais alto, que representam o sistema gerencial da empresa.

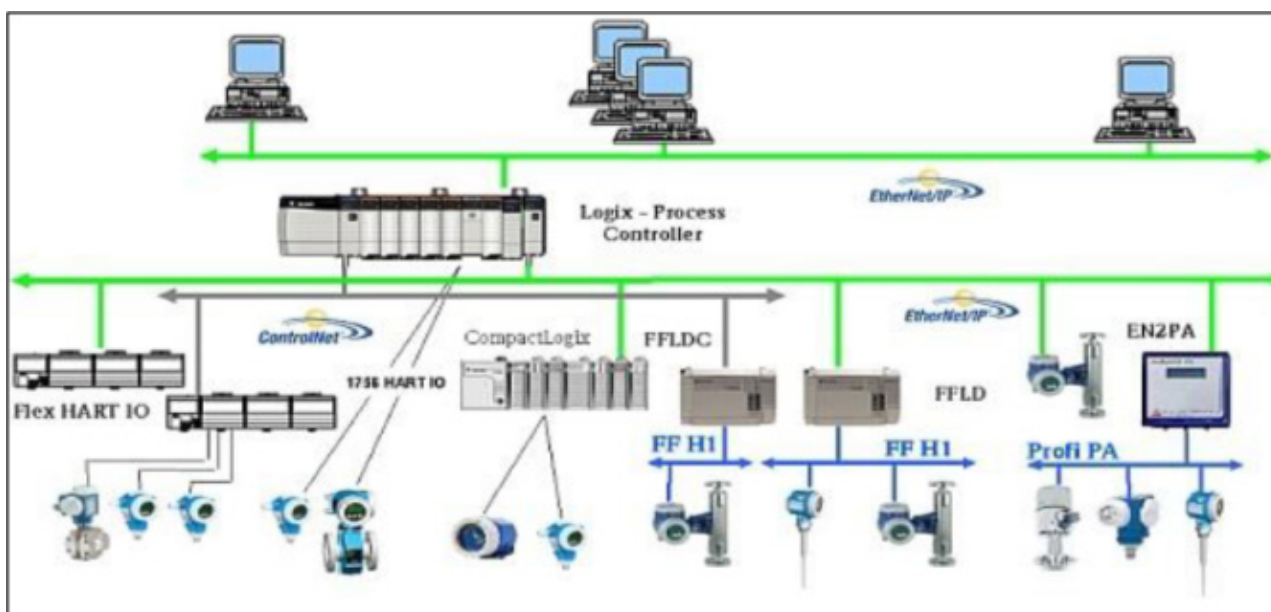


Figura 4 - Protocolos e redes de comunicação industrial
Fonte: Albuquerque (2009)

Normalmente as redes apresentam topologias em estrela, em anel, em barramento, em árvore ou alguma combinação entre elas (ALBUQUERQUE, 2009). Os protocolos definem basicamente as regras de comunicação entre os dispositivos. Alguns protocolos podem operar sobre diferentes tipos de redes, como é o caso do *ModBus*, que opera entre outros sobre RS-232, RS-485 e *Ethernet*. Já o *EtherNet/IP* opera somente sobre a rede *Ethernet*.

4. CONTROLE DE PROCESSO UTILIZADOS CHÃO DE FÁBRICA

Todas as indústrias metalúrgicas, por mais que trabalhem em um mesmo segmento, possuem particularidades. Assim sendo, as empresas planejam e controlam sua produção de maneira totalmente ajustada e adaptada para sua realidade de trabalho. Russomano (2010) destaca que, de acordo com o tamanho da indústria, do estilo de produção e da diversidade e quantidade de produtos fabricados, cada indústria necessita de um modelo particular de P.C.P., totalmente estruturado de acordo com as suas necessidades.

4.1 Planejamento e controle da produção

Para Russomano (2010), o planejamento e controle da produção são um processo que envolve o planejamento e a organização de todos os processos de fabricação da produção, sendo de extrema importância para a obtenção de melhores resultados em nível de aumento da produtividade. O P.C.P. apóia os departamentos de Vendas e Produção no planejamento e na coordenação de suas ações, com a finalidade de que sejam cumpridos e atingidos todos os resultados previamente estabelecidos em termos de quantidade, qualidade, prazo e lugar. Também afirma que as funções do P.C.P., de maneira geral, são:

- Definição das quantidades a serem produzidas;
- Gestão de estoques de matéria prima e insumos;
- Emissão das ordens de fabricação;
- Programação e controle das ordens de fabricação;
- Movimentação das ordens de fabricação da produção;
- Controle e acompanhamento da produção.

Segundo Corrêa (2010, p. 37), "Planejamento é a compreensão de como uma consideração conjunta da situação atual e uma visão de futuro influenciam as decisões tomadas hoje para atingir determinados objetivos no futuro". Portanto, para ter um bom processo de planejamento, é necessário ter uma previsão suficiente para o futuro de acordo com a validade das pesquisas relacionadas à simulação do processo de fabricação. Portanto, em circunstâncias imprevistas, as decisões podem ser tomadas de forma rápida e correta, é fundamental para um bom processo de planejamento em funcionamento, o qual possa informar com a máxima clareza os objetivos que se pretendam atingir.

A seguir seguem descritas, conforme Graça (2013), as fases referentes ao planeja-

mento e controle da produção:

- Determinar o tipo e quantidade de produtos que devem ser produzidos usando informações de pedidos de clientes e previsões de vendas futuras;
- Traçar o processo de fabricação do produto, indicando o roteiro a ser seguido para sua execução;
- Tempo para determinar o tempo de início de fabricação, prazos de conclusão e lead time de produção, indicando a duração do processo;
- Gerar uma liberação da fase de fabricação e processo antes do início da fase de fabricação e processo de acordo com os prazos estabelecidos;
- Acompanhar o andamento do processo de fabricação.

Na verdade, o objetivo desse processo é atingir e satisfazer os clientes, cujas exigências aumentam a cada dia, na maioria das vezes não mais clientes fiéis, ou seja, ele está sempre em busca de novidades e benefícios. Então, pode-se dizer que quando se trata de maquinário, talento e produtos que o mercado precisa, as coisas são sempre difíceis porque o quadro apresentado é de concorrentes desleais e em constante mudança.

Notavelmente, o PCP inclui o planejamento e a sequência de todas as operações, desde o planejamento do movimento até o controle de materiais, métodos, ferramentas e tempo das operações. Ou melhor, seu objetivo final é organizar o abastecimento e o fluxo de recursos humanos, a utilização de máquinas e atividades correlatas para alcançar os resultados de produção desejados em termos de quantidade, qualidade, prazos e entrega, sempre com o objetivo de satisfazer seus clientes (NEVES, 2018).

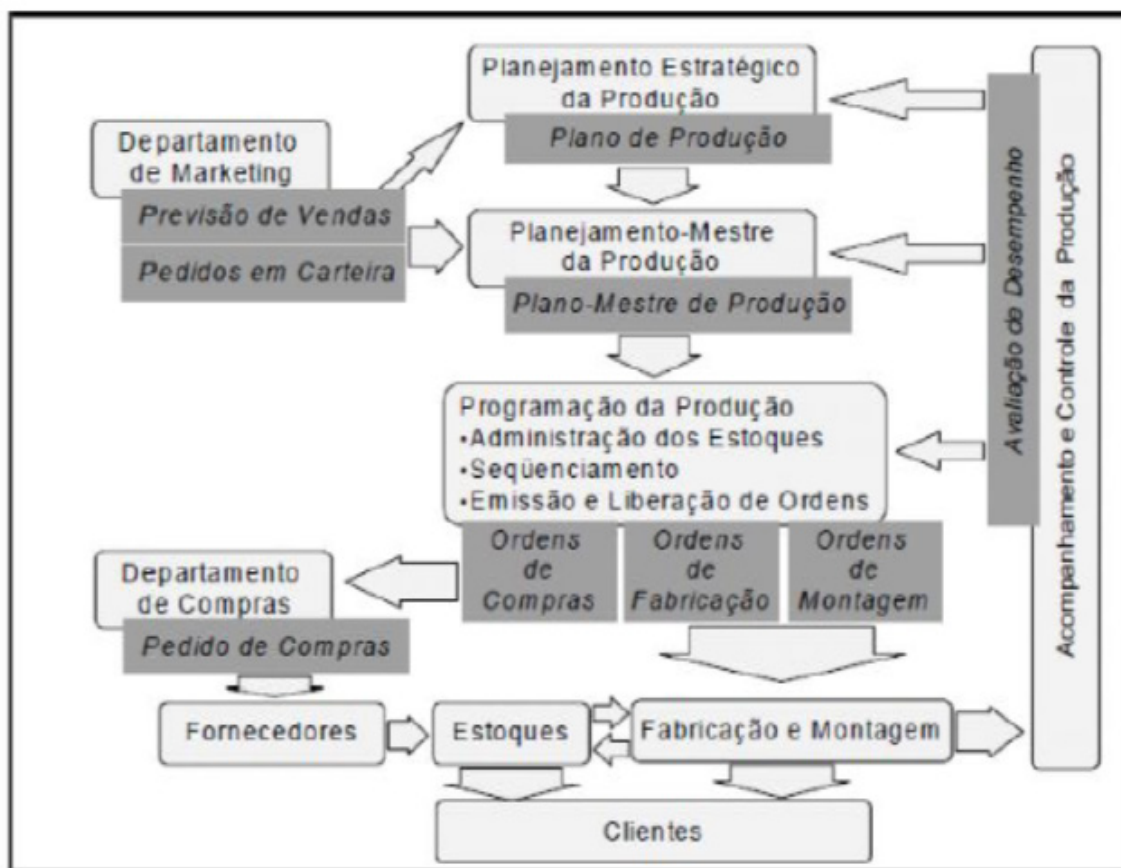


Figura 5: Atividades exercidas no PCP
 Fonte: Tubino (2007)

Segundo Favareto (2011), a conversão de informações de diferentes setores em ordens de produção e ordens de compra é o principal objetivo da produção de PCP. Além disso, definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, além de definir quem e/ou onde e/ou como produzir, constitui o processo de PCP.

Quando executadas de forma adequada, as atividades de planejamento e controle da produção podem garantir à empresa vantagem competitiva na produção, proporcionar eficácia e eficiência no setor produtivo, buscar a melhor forma de atender os clientes e fazer o melhor uso dos recursos disponíveis (FERNANDEZ; GORE DINHO FILHO, 2010).

A aplicação de um sistema PCP em uma empresa tem suas vantagens, por isso Souza (2019) assim o descreve: a) Redução dos níveis de estoque; inspeções de controle de qualidade; índices de falhas e retrabalhos; movimentação de materiais; Maior integração entre os operadores do negócio; melhoria da eficiência e eficácia na o uso dos recursos da empresa; maior capacidade de resposta às mudanças ambientais; aumento da produtividade em escala global; maior confiabilidade do cliente e maior lucratividade.

Moreira (2018) explica que é importante manter o MPC funcionando de forma eficiente, pois a empresa pode economizar muito tempo. Dessa forma, pode-se dizer que gestão, organização, racionalização de processos, programação são atividades importantes para uma empresa obter vantagem competitiva no mercado em que atua.

5. CONCLUSÃO

Como pode ser entendido pelo que foi discutido neste trabalho, a automação é um processo natural de desenvolvimento social, no sentido de melhorar o cotidiano da sociedade, permitindo dinâmicas mais eficientes e rápidas, aplicadas às mais diversas atividades humanas. Esta situação facilita muito a otimização da realidade pessoal, reduzindo o tempo e proporcionando motivação para a eficiência e segurança.

Essa situação não é diferente no procedimento produtivo, a automação também é clara na indústria, essa situação está acontecendo de forma mais profunda devido a um processo constante em que as coisas estão acontecendo não só para melhorar o trabalho humano, mas permitindo aumentos massivos na produção em custos mais baixos só é possível à medida que a tecnologia se desenvolve.

Os avanços que a automação, principalmente a robótica, trouxe aos processos industriais são impressionantes, aumentando a eficiência do processo, reduzindo a quantidade de refugo, melhorando a qualidade, reduzindo custos e mão de obra, além de melhorar a segurança ergonômica para o sexo dos trabalhadores.

A automação industrial é caracterizada por uma série de processos em que as máquinas são interligadas, onde cada máquina coopera com uma peça para completar um produto ou serviço final. Todo o processo é gerenciado por um sistema que significa a presença de hardware e software que controla uma rede que permite que as máquinas comuniquem de forma rápida, confiável e padronizada, o conceito de produção industrial.

Os resultados apresentados durante o estudo mostram que as vantagens são claras, a demanda do mercado por maior qualidade justifica o investimento, novas tecnologias estão surgindo, a indústria inteligente com tecnologia avançada busca a eficiência e eficácia do processo, e o investimento em automação busca esse resultado para atender a concorrência acirrada.

Referências

ALBUQUERQUE, P. U. B.. **Redes Industriais: Aplicações em sistemas digitais de controle distribuído**. 2. Ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2019. 258p.

AMARAL, Carina de Carvalho. **A evolução do capitalismo (da revolução industrial até os dias atuais)**. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: < <http://www.itr.ufrj.br/portal/wp-content/uploads/biblioteca/tcc/T30.pdf>> Acesso em: 16 de mar. 2022.

BARBOSA, Gustavo Franco. **Desenvolvimento de um modelo de análise para a implantação de automação na manufatura aeronáutica, orientado pelos requisitos de metodologias de Projeto para a Excelência (DFX – Design for Excellence) e Produção Enxuta (Lean Manufacturing)**. São Paulo: USP. 332 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012

BITTAR, Rita de Cássia da Silveira Marconcini. **Proposta de Metodologia para Avaliação da Integração na Empresa Estendida Associada a Índices de Automação**. Campinas: UNICAMP, 2014. 240 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BRUCIAPAGLIA, A. H; FARINES, J.M; CURY, J.E.R. **Automação no processo produtivo: desafios e perspectivas**. Departamento de Automação e Sistema. Universidade Federal de Santa Catarina, 2010

CUOGO, Francisco Coelho. **O reflexo da terceira revolução industrial na sociedade informacional e sua relação com a educação a distância**. Rio Grande do Sul. 2012. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2832/Monografia_UNIJUI_Francisco.pdf?sequence=1> Acesso: 16 de mar. 2022.

CORRÊA, H. L. et al. **Planejamento, Programação e Controle da Produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2010

COPATTO, A. S. PERT/CPM versus Corrente Crítica: Pressupostos e Implicações. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ABEPRO, 2013. 1 CD-ROM.

DATHEIN, Ricardo. **Inovação e revoluções industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX**. Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: < <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/artnoveau/docs/revolucao.pdf> > Acesso em: 16 de mar. 2022.

FANTONI, Gualtiero; SANTOCHI, Marco; DINI, Gino, TRACHT, Kirsten; SCHOLZ-REITER, Bernd; FLEISCHER, Juergen; LIEN, Terje Kristoffer; SELIGER, Guenther; REINHART, Guenther; FRANKE, Joerg; HANSEN, Hans Nørgaard; VERL, Alexander. **Grasping devices and methods in automated production processes**. In CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2014.

FAVARETTO, Fábio. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, 58 f. São Paulo: USP -Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia.2011

FENERICK, Jessica Aparecida; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A evolução das indústrias, os benefícios da automação e as perspectivas do mercado da robótica no Brasil e no Mundo. **Interface Tecnológica**, v.17, n. 1, 2020.

FERNANDES, Flavio C. F., GODINHO FILHO Moacir. **Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial**. São Paulo: Atlas, 2010.



- GAMERO, Isis. **Robôs industriais: tudo o que você precisa saber!** Pollux. 2018. Disponível em: < <https://www.pollux.com.br/blog/robos-industriais-tudo-o-que-voce-precisa-saber/> > Acesso em: 18 de mar. 2022.
- GARCIA, Rafael Valério. **Projeto de robô manipulador com cinco graus de liberdade controlados via interface gráfica e comunicação serial.** São Paulo. 2013. Disponível em: <http://robotica.ufscar.br/~roberto/tccs/garcia2013/garcia2013-tcc> Acesso em 18 de mar 2022
- GRAÇA, M. **Sistemas de PCP de alta performance:** O estudo de uma montadora automobilística “world class” instalada em Minas Gerais. Monografia de Conclusão de Curso de Engenharia de Produção – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013
- LACOMBE, F. J. M. **Dicionário de Administração.** São Paulo: Saraiva, 2014.
- LAUDON, J. P.; **Sistemas de informação gerenciais.** 7. ed. São Paulo: Pearson, 2017
- LUSTOSA, Leonardo.; MESQUITA, Marco A.; QUELHAS, Osvaldo; OLIVEIRA, Rodrigo J. **Planejamento e controle da produção.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2018
- LUGLI, A. B.D. **Sistemas FieldBus para automação industrial:** DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet. 1. ed. São Paulo: Érica, 2019. 156p
- MAGALHÃES, Regina; VENDRAMINI, Annelise. **Os impactos da quarta revolução industrial.** V. 17 N.1. Gvexecutivo. 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/viewFile/74093/71080> Acesso em 12 de mar. 2022
- MAKRIS, Sotiris. ALEXOPOULOS, Komas. AutomationML server - **A prototype data management system for multi disciplinary production engineering.** In Anais do 1st CIRP Global Web Conference on Interdisciplinary Research in Production Engineering. 2012.
- MASSOTE, A. A. **Modelo de integração de sistemas de gestão erp com a produção.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 25., 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABEPRO, 2015 1 CD-ROM.
- MASULO, Adilson Donizeti; CARDOSO, Vivian Monique Silva. **Protótipo robô para linhas de processo.** São Paulo. 2012. Disponível em: < <http://biblioteca.univap.br/dados/000005/00000534.pdf> > Acesso em: 15 de marc. 2022.
- MENDES, J. V. Sistemas integrados de gestão ERP em pequenas empresas: um confronto entre o referencial teórico e a prática empresarial. **Gestão & Produção**, v.9, n.3, p.277-296, 2012.
- MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Pioneira, 2018
- NATALE, Ferdinando. **Automação industrial.** São Paulo: Érica, 2000.
- NEVES, J. M. S.; SANTOS, F. C. A. Implantação de tecnologias de informação utilizadas na integração entre o chão-de-fábrica e os sistemas ERP. **Controle e Instrumentação**, São Paulo, n. 143, p. 56-61, 2018
- PAVAN, P. A. R. **Gerenciamento de projeto de expansão de instituições hospitalares:** estudo de caso. Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Gerência Empresarial e Negócios – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2012.
- ROCHA, Moises dos Santos; AGOSTINHO, Oswaldo Luiz. **Análise da capacidade de resposta do setor de engenharia através do estudo dos seus índices de automação:** um estudo de caso em uma indústria produtora de válvulas. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa, PN; 03 e 06 de outubro de 2016.
- RUSSOMANO, V. H. **PCP: Planejamento e Controle da Produção.** 4. ed. São Paulo: Pioneira, 2010
- SILVA, Danielle Simone; NASCIMENTO, João Maria. **Automação Industrial.** Redes para automação Industrial – UFRN, 2013.
- SILVEIRA, Paulo Rogério, SANTOS, Winderson Eugênio. **Automação e controle discreto.** 4 ed. Érica. São Paulo, 2009
- SILVA, Márcia Cristina Amaral da; GASPARIN, João Luiz. **A segunda revolução industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira.** Paraná. 2016. Disponível em: < http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/seminario/seminario7/TRABALHOS/M/Marcia%20CA%20Silva%20e%20%20

Joao%20L%20Gasparin2.pdf> Acesso em: 16 de mar. 2022.

SOUZA, **Éverton** C. R. de. As Restrições Gerenciais Derivadas da Ausência Formal da Função PCP em uma Microempresa do Setor de Alimentos da Região Metropolitana de João Pessoa –PB. Trabalho de diplomação. João Pessoa -2019

OLIVEIRA, Elisângela Magela. **Transformações no mundo do trabalho, da revolução industrial aos nossos dias**. 2014. Disponível em:< file:///C:/Users/g/Downloads/15327-Texto%20do%20artigo-58099-1-10-20060809%20(2).pdf> Acesso em: 16 de mar. 2022



CAPÍTULO 26

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E APRENDIZADO DE MÁQUINAS NA EMPRESA

*ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN THE
ENTERPRISE*

Mateus Freire Ferreira¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A Inteligência Artificial vem trazendo grandes transformações para o mundo do trabalho, uma vez que esta possui a capacidade de processar milhares de informações rapidamente. Estabeleceu-se como problema: Como as empresas lidam com o surgimento da inteligência artificial e a necessidade de fomentar a aprendizagem de máquina para seus colaboradores? Como objetivo geral buscou-se compreender a importância do aprendizado de máquina frente ao atual cenário de modernização das empresas. A metodologia de pesquisa aqui desenvolvida configura-se como uma revisão bibliográfica realizada mediante estudos literários que convergem ao tema aqui abordado, em artigos científicos do Google acadêmico, Scielo e Capes. Este trabalho permitiu concluir que a Inteligência Artificial veio para transformar a sociedade como um todo, em especial as relações de trabalho, pois é ferramenta eficaz para automatizar processos e maior agilidade na execução de tarefas, o que garante uma grande contribuição na economia de tempo e numa maior produtividade, gerando resultados importantes que servem de base para a tomada de decisões e soluções de problemas e aumento do seu faturamento.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Relações de trabalho, Informações.

Abstract

Artificial Intelligence has brought great changes to the world of work, since it has the ability to process thousands of information quickly. It was established as a problem: How do companies deal with the emergence of artificial intelligence and the need to encourage machine learning for their employees? As a general objective, we sought to understand the importance of machine learning in the current scenario of modernization of companies. The research methodology developed here is configured as a bibliographic review carried out through literary studies that converge to the theme discussed here, in scientific articles from Google academic, Scielo and Capes. This work allowed us to conclude that Artificial Intelligence has come to transform society as a whole, especially work relationships, as it is an effective tool for automating processes and greater agility in the execution of tasks, which guarantees a great contribution in saving time and in greater productivity, generating important results that serve as a basis for decision-making and problem solving and increased revenue.

Keywords: Artificial intelligence, Work relationships, Information.



1. INTRODUÇÃO

A inteligência artificial veio para transformar a sociedade como um todo, em especial as relações de trabalho, pois é ferramenta eficaz para automatizar processos e maior agilidade na execução de tarefas, o que garante uma grande contribuição na economia tornando às tarefas mais estratégicas. A dinâmica dessa transformação aponta para a inteligência artificial e seu potencial, pois não envolve apenas questões técnicas, como também o futuro do mercado de trabalho, além das vantagens competitivas, com produtos e serviços com maior agregação de valor (VASCONCELOS, 2014).

Atualmente, é uma ferramenta encontrada em diversas áreas do mercado, do consumo e do conhecimento gerando resultados importantes que servem de base para a tomada de decisões e soluções de problemas e no desenvolvimento e, para algumas empresas, o aumento do seu faturamento. Portanto, o panorama atual da inteligência artificial é bastante favorável e tem mostrado por diversas perspectivas que pode trazer soluções ainda mais sofisticadas e torná-las mais acessível para as empresas nos próximos anos (MONTEIRO, 2015).

O tema do trabalho foi selecionado visto o enorme potencial dos maquinários automatizados em empresas mostra-se coerente a compreensão acerca da atenção voltada para o aprendizado envolvido nas operações maquinarias de uma empresa. Considerando que a inteligência artificial tem mostrado ser uma ferramenta essencial para representar funções precisas voltadas a maquinários ainda existe a necessidade de uma boa operação, considerando a necessidade da devida programação para que tal possa desempenhar seu papel de maneira eficaz.

Para desdobramento desta pesquisa estabeleceu-se como problema: Como as empresas lidam com o surgimento da inteligência artificial e a necessidade de fomentar a aprendizagem de maquinário para seus colaboradores? No intuito de responder o problema aqui suscitado foi traçado o seguinte objetivo geral: Compreender a importância do aprendizado de máquina frente ao atual cenário de modernização das empresas. Como objetivos específicos ficou delineado: Descrever acerca do uso da inteligência artificial nas empresas; compreender a importância da aprendizagem de maquinário no ambiente empresarial; conhecer os principais benefícios do uso de máquinas automatizadas nas organizações.

Enquanto metodologia de pesquisa, esta se configura como uma revisão bibliográfica realizada mediante estudos literários que convergem ao tema aqui abordado, em artigos científicos do Google acadêmico, Scielo e Capes. Essa busca será realizada utilizando os seguintes descritores: Inteligência Artificial, Máquinas automatizadas, Aprendizado, em artigos publicados entre os anos de 2011 a 2021.

Para tanto, foram inclusos materiais com ano de publicação de até 10 anos que caibam ao tema em questão, disponíveis na íntegra e em língua portuguesa. Como critérios de não inclusão, não foram inseridos materiais fora do período da busca, em outros idiomas e aqueles não disponíveis eletronicamente em sua versão completa.

No que tange a estrutura do material esse foi estruturado nos seguintes capítulos: o primeiro voltado em realizar uma análise do uso da inteligência artificial nas empresas. O segundo capítulo abrange importância da aprendizagem de maquinário no ambiente empresarial. O terceiro capítulo traz um panorama acerca dos principais benefícios do uso de máquinas automatizadas nas organizações, fechando este material encontram-se as considerações finais.

2. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NAS EMPRESAS

Nos últimos anos, o mundo de informações e dados tem apresentado um momento nunca antes visto na história, com a evolução das tecnologias os processamentos de dados vêm acontecendo cada vez mais rápido, bem como as informações, com o acesso à internet e sua consolidação, existe uma maior disponibilidade aos dispositivos tecnológicos e estes oportunizam que as informações se apresentem de forma mais acessíveis (VICENTE, 2019).

Nos últimos anos, aconteceram muitos eventos, que apontaram para a inteligência artificial de maneira a suscitar e comprovar a eficácia desta ferramenta, devido a sua capacidade eficiente em solucionar problemas, facilitar e acelerar tarefas, lidar com grande volume de dados e informações e entre outras competências (TEIXEIRA; GONZALEZ, 2019).

Nesse contexto de transformações, temos que a inteligência artificial (IA) traz consigo diversas transformações, desde a maneira como são estabelecidas as relações e ainda na maneira como fica estabelecido o trabalho, ampliando e auxiliando no processo de trabalho efetivado por empresas a partir da sua capacidade de processamento de múltiplas informações em tempo recorde, além de transformá-las em dados estruturados (LOBO, 2018).

A Inteligência Artificial, no sentido genérico do termo (daqui para frente AI, do inglês Artificial Intelligence) é uma área de estudos ainda não muito bem delimitada que reúne a Ciência da Computação, a Psicologia, a Linguística e a Filosofia. Ela possui duas vertentes principais representadas pelo Projeto de Simulação Cognitiva e pelo Projeto de Inteligência Artificial num sentido restrito do termo. (TEIXEIRA; GONZALEZ, 2019, p. 78).

De acordo com Silva (2018) existem correntes de pensamento sobre a AI, apresentam diversas definições, mas a principal definição está direcionada ao desenvolvimento de funções específicas adquiridas e desenvolvidas quando a inteligência está diretamente relacionada a área na qual está sendo empregada.

Portanto, a inteligência artificial pode a partir de seu conhecimento ser definida como um mecanismo desenvolvido a partir de dispositivos tecnológicos com capacidade de simulação do raciocínio humano, que tem seu desenvolvimento mediante problemas práticos e a necessidade de tomar decisões de maneira independente e apoiada em um suporte de dados. Assim, evidencia-se que são máquinas com percepção de ambiente, autonomia, adaptação, persistência, mudanças e capacidade comunicativa (GOMES, 2019).



A aplicação prática gera mais significado a inteligência artificial, a multifuncionalidade dela é direcionada a um foco específico e com isso suas funções se tornam limitadas, porém o nível de realização dessas funções alcança grandes resultados devido a dedicação a essas funções. Outra forma de visualizar a aplicação prática e específica da inteligência artificial é a substituição dela na ausência de inteligência humana na realização. Em suma, é como se a máquina por meio da inteligência artificial simulasse um profissional da área em que ela está trabalhando em conjunto e tornando-se especialista daquele campo do conhecimento com acesso a amplos bancos de dados para consultá-lo antes de tomar qualquer decisão (RAPOSO, 2018, p. 49).

No entanto, mesmo que desempenhe funções distintas devido à influência na área científica em que esteja na atuação, a inteligência artificial possui uma estrutura própria e comum a vários campos de pesquisa que carrega características básicas que a definem absolutamente como campo do estudo científico de uma forma geral, mesmo admitindo que a área não é muito bem delimitada, ou seja, não sendo possível descreve-la com apenas algumas palavras (VASCONCELOS, 2014).

Entre as principais características, estão a capacidade de simular a forma de compreensão, interpretação, cognição e o raciocínio humano por meio do uso de algoritmos simples ou complexos de ciências da computação e dados para auxiliar na decodificação e estruturação de funções ligadas a comunicação, a linguagem, tarefas psicocognitiva e até o conhecimento intelectual, lógico e éticos providos da linguagem natural, matemática, filosofia e qualquer área específica da aplicação da inteligência artificial (DWYER, 2017).

Através da inteligência artificial há a possibilidade do sistema do computador adotar soluções baseando-se em situações ou ordens de comando humano anteriores para hipóteses novas semelhantes, com base na experiência adquirida, em um processo de automação da vontade (GOMES, 2019, p. 87).

Diante disso, a inteligência artificial tem por objetivo representar funções baseadas no modelo lógico natural humano, ou seja, existe a real necessidade da ação humana como ponto inicial para a operação, que este programe ou ensine essa máquina para que seja desempenhado o papel no qual a máquina está destinada, o modelo de automação tem seu no volume e velocidade de processamento de dados e informações. É possível resumir que é de extrema necessidade o desenvolvimento de parceria entre o homem e a máquina, trabalhando unidos visando o melhor desenvolvimento e potencial (RAPOSO, 2018).

Fica portanto, evidenciado que muitos eventos aconteceram no mundo dos dados, publicações e demonstrações explícitas relacionadas à inteligência artificial apontam para o poder e eficácia desta ferramenta, que por sua vasta aplicabilidade tem se mostrado pertinente também nos ambientes empresariais, isto devido a sua capacidade eficiente de solucionar problemas, facilitar e acelerar tarefas, lidar com grande volume de dados e informações e entre outras competências e características (MUSSI, 2018).

É inegável que o mundo dos dados e das informações vive um momento importante de evolução das tecnologias, compartilhamento de informação, processamento de dados, consolidação e maior disponibilidade aos dispositivos tecnológicos, assim oportunizando que as informações sejam disponibilizadas mediante a fontes distintas e acessíveis para a população de forma geral. A inteligência artificial, se constitui como um marco no desen-

volvimento tecnológico da humanidade, por isso muitas empresas estão dispostas na sua adoção, frente ao retorno ofertado pela mesma (JÚNIOR, 2018).

A inteligência artificial, sem dúvidas, se configura como um importante marco para o desenvolvimento tecnológico da humanidade, e se deu em base por sua aplicabilidade nas organizações e pelas expectativas criadas quanto ao futuro da inteligência artificial, essa temática permite salientar que o desenvolvimento da máquina necessita mesmo diante seus feitos de um olhar atento e corroborativo para sua utilização pelos colaboradores, de maneira a propiciar ganhos frente ao uso (VASCONCELOS, 2014).

A perspectiva acerca da inteligência artificial tem se mostrado bastante promissora, atua diretamente em diferentes campos, existem organizações que ainda não se sentem capazes por completo para assumir e se adaptarem utilização da inteligência artificial, pois os recursos ainda são inacessíveis, faltam profissionais e infraestrutura que viabilizem isso na prática, no entanto, outras já passaram a implementá-la visando otimizar suas tarefas e procedimentos e relatam ganhos significativos em linhas gerais (SEGURA, 2018).

Isso significa que, a dinâmica de ferramentas e leis segue em um compasso acelerado e requer, atenção para as novidades e inovações de forma geral. Os impactos da tecnologia no ramo empresarial possibilitam avanço e inovação, simplificação dos negócios e principalmente gestão organizacional, o que viabiliza mensuração de dados e resultados da equipe de forma automatizada (SILVA, 2018).

As organizações necessitam cada dia mais de novas tecnologias no intuito de avançar na disputa por seu espaço na sociedade. O mercado tecnológico tem crescido vertiginosamente e em ritmo acelerado, onde as organizações apresentam cada vez mais interesse em apresentar grandes resultados para clientes a partir do uso de ferramentas tecnológicas. As empresas têm buscado investimento quanto ao uso de tecnologias para aumentar a produtividade, substituindo trabalho manual pelo mecânico, mas ainda sem abrir mão da participação humana nesse processo (VASCONCELOS, 2014).

O uso da inteligência artificial nas empresas é de fundamental importância para a obtenção de vantagens competitivas, isso facilita a melhoria nos processos, aumentando a produtividade das equipes além de gerar bons resultados. Esse tipo de tecnologia quando implementada nas empresas favorece o suporte à gestão empresarial (MONTEIRO, 2015).

Nesse sentido, as máquinas têm se mostrado fundamentais para os processos humanos facilitando cada vez mais o desempenho no tocante a profissões, considerando as tarefas podem ser automatizadas, e assim sobrando tempo para o profissional construir um material com mais emoção humana para atender os clientes com soluções mais criativas (PESSOA, 2013).

Por outro lado, os avanços tecnológicos provocam incertezas no futuro do trabalho, no tocante ao papel dos trabalhadores no desenvolvimento de suas atividades laborais, pois com a nova era da inteligência artificial diversas mudanças ocorrerão nos mais diversos setores do mercado, com relevantes impactos na sociedade (RABUSKE, 2015).

3. APRENDIZAGEM DE MAQUINÁRIO NO AMBIENTE EMPRESARIAL

No cenário atual onde existe uma intensa concorrência econômica, as organizações enfrentam grandes dificuldades para manterem-se ativas no mercado. Diante de tantos desafios a busca pela aplicação da automação em seus processos produtivos, principalmente pela sua comprovada contribuição para redução de despesas de produção, eficácia e respostas rápidas às solicitações do mercado (SEGURA, 2018).

A inteligência artificial, é um marco no desenvolvimento tecnológico e da humanidade mediante aos seus feitos até aqui demonstrados, onde tem apontado para o sucesso do seu emprego em negócios e empresas, por isso tem-se expectativas importantes entre os setores relacionadas ao futuro da inteligência artificial e o potencial de trabalho (LOBO, 2018).

Atualmente, as inovações tecnológicas fazem parte de um sistema denominado de Quarta Revolução Industrial, ou ainda chamado de Indústria 4.0, onde é prometido o aumento referente a eficácia operacional, assim como serve de fomento no desenvolvimento negócios e serviços por meio de mecanismos inovadores. Estas tecnologias encontram-se presentes na vida e cotidiano do ser humano de todas as maneiras possíveis, alterando substancialmente a forma de trabalho, e, conseqüentemente, as relações de trabalho, pois são responsáveis por total particularidade na criação dos modelos operacionais (TEIXEIRA; GONZALEZ, 2019).

Automatizar processos significa economia de tempo, maior produtividade e diminuição de erros nos processos, portanto é importante na realização de inúmeras tarefas, como as cognitivas, cansativas, repetitivas, e até mesmo em tarefas perigosas, permitindo inclusive, que o profissional tenha mais tempo livre para se dedicar às tarefas mais estratégicas que necessitam de intelecto humano (VASCONCELOS, 2014, p. 44).

A Inteligência Artificial é portanto, responsável por inúmeras e grandes transformações no cenário mundial de trabalho, considerando que esta possui a capacidade de processar milhares de informações com base apenas em situações ou ordens direcionadas pelo comando humano. A inteligência artificial serve como um dispositivo que imita a inteligência semelhante do homem, que tem o raciocínio, capaz de realizar funções atribuídas anteriormente somente aos humanos, além de encontrar rápidas soluções para diversos processos de maneira rápida e segura (SEGURA, 2018).

As máquinas ajudam os humanos em diversos pontos, cabe destacar o fomento pelo desempenho na sua área de atuação, as máquinas podem assumir as tarefas de modo a automatizar os processos e agilizá-los, e assim o profissional consegue mais tempo para construção de outros projetos e soluções mais criativas. Por outro lado, os avanços tecnológicos são capazes de gerar incertezas em alguns setores do trabalho, no que refere-se ao papel dos trabalhadores no desenvolvimento de suas atividades laborais, pois a inteligência artificial facilita de forma considerável os processos e serviços, porém a IA ainda não alcançou esse domínio por completo e parece distante de certa forma tal questão (MONACO, 2013).

A inteligência artificial é diretamente relacionada ao processo de automatização, mesmo não sendo considerada inteligência artificial, com o objetivo de sistematizar o

processamento dos dados, otimizar tempo e garantir controle de qualidade durante o processo, e se configura como grande vantagem da automação de processos e consequentemente da inteligência artificial. A evolução do poder de processamento dos computadores e o aumento do acesso a memória os quais “continuam a crescer é idealmente adaptável para automatizar processos repetitivos e tarefas sem valores adicionados” (TEIXEIRA; GONZALEZ, 2019, p. 52).

Por outro lado, ao suscitar a inteligência artificial vale lembrar que esta foi criada e desenvolvida mediante a inteligência humana. Trata-se portanto de uma inteligência não orgânica que tem seus desenvolvimentos mediante a mente dos seres humanos para desempenhar funções específicas utilizando vários recursos como ferramentas e insights aprendidos. Podendo simular quase perfeitamente o desempenho humana em níveis de compreensão de dados, a inteligência artificial conta com a vantagem tecnológica para processar e analisar um grande volume de dados e um curto tempo de execução (SEGURA, 2018).

Um dos impactos principais da Inteligência Artificial no futuro do trabalho é a eliminação de alguns cargos que realizam trabalhos manuais e mecânico, já que a máquina exercerá essa atividade, possibilitando que os profissionais se concentrem em outras tarefas de cunho mais estratégicos que requerem o intelecto humano e habilidades sociais, tendo em vista que as máquinas, por enquanto, não detêm da mesma inteligência humana (SILVA, 2018).

Entretanto, é importante observar que o simples fato de as máquinas inteligentes estarem ganhando cada vez mais espaço no mercado de trabalho e que os robôs estejam mais equiparados aos humanos, por si só, não significa que todos os postos de trabalhos utilizarão, de imediato, essa tecnologia avançada. O contato das máquinas com os humanos poderá ser no sentido de auxiliar e ajudar a realizar uma atividade com mais agilidade e eficácia a um curto tempo (SILVA, 2018).

Na prática, as máquinas operadas por sistemas bem elaborados, não se limitam. Assim como os seres humanos, as máquinas dotadas de IA conseguem realizar escolhas com base naquilo que elas já aprenderam. Naturalmente, o grau de precisão delas é maior do que o nosso, já que as deliberações em questão são totalmente racionais, é enorme diferença entre supermáquinas e seres humanos: a influência das emoções é uma exclusividade dos segundos (AMÉRICO; AZEVEDO; SOUZA, 2011).

É inevitável não haver comparações entre as formas de inteligências humana e mecânica, mediante as suas características próprias que fornecem vantagens e desvantagens. Por isso, vale ressaltar que existem algumas funções específicas que são melhor empenhadas por uma inteligência do que a outra e vice-versa. A inteligência artificial pode ser extremamente bem desenvolvida, mas precisa do suporte da inteligência humana para a realização das suas atividades, corroborando nos anos 40 e 50 na aplicação do primeiro projeto de inteligência artificial, já apontava a necessidade de trabalho de inteligência humana para o mesmo ser desenvolvido (GOLDSCHMIDT, 2015).

Assim, apontando a pertinência da necessidade de um operador humano que direcione essas tecnologias, ou seja, as máquinas ainda não trabalham de maneira 100% autônoma na realização de projetos. Além disso, o custo operacional em torno de maqui-

nas com altas tecnologias envolvidas ainda não são tão acessíveis para muitas empresas, tendo em vista que mesmo adotando maquinários modernos os profissionais necessitam de treinamentos específicos para o manuseio da mesma (GOLDSCHMIDT, 2015).

As organizações passaram a experimentar e apoiar a aprendizagem de máquina. Em alguns casos, os fornecedores de software incorporaram o aprendizado de máquina em ferramentas usadas para um propósito específico e, em outros casos, os usuários adaptaram aplicativos de aprendizado de máquinas de uso geral para suas necessidades ou desenvolvem suas próprias aplicações analíticas com a ajuda de Cientistas de Dados: Detecção de Fraudes, Sistemas de Recomendação, sistemas de Vigilância em Vídeo, Previsão de Demanda, entre outras (MONACO, 2013).

4. MÁQUINAS AUTOMATIZADAS NAS ORGANIZAÇÕES E SEUS BENEFÍCIOS

No cenário de intensa concorrência econômica no qual vivemos, as organizações passar por diversas dificuldades para que se mantenham ativas no mercado. Frente a inúmeros e importantes desafios, a automatização tem se mostrado importante enquanto um facilitador e viabilizador de processos de processos produtivos, principalmente diante da sua comprovada geração de benefícios nas organizações (AMÉRICO; AZEVEDO; SOUZA, 2011).

Assim é possível ressaltar que automatizar é um caminho inteligente para as organizações que pretendem se manter ativas e com ganhos no mercado. A automatização e seus benefícios voltados para a redução de despesas de produção, eficácia e respostas rápidas às solicitações do mercado, auxiliam na economia globalizada, neste sentido, o consumidor está cada vez mais exigente no que diz respeito à qualidade e agilidade do processo (VASCONCELLOS, 2014).

Neste mercado de negócios moderno e cada vez mais competitivo, informações confiáveis sobre clientes e tendências emergentes podem significar a diferença entre sucesso e fracasso. Para atender a essa necessidade, as empresas recorrem à análise de dados. A aprendizagem de máquina aplica soluções avançadas de IA, usando dados e algoritmos para criar modelos de dados (MONACO, 2013).

A palavra automação, significa mover-se por si, e é responsável pela aplicação de técnicas, softwares, equipamentos específicos em uma máquina ou processo industrial, objetivando aumentar a sua eficiência, de maneira a maximizar a produção diante do menor consumo de matérias primas, energia, menor emissão de resíduos, mais condições de segurança, material, humana ou das informações referentes a esse processo, de maneira a diminuir o esforço humano sobre a máquina (BERGER, 2014).

A automação é um conjunto de técnicas onde permitem a construção de ativos capazes de atuar de maneira eficiente frente a informações recebidas do meio no qual atuam. Ainda é possível definir como uma tecnologia pela qual o processo é completado com a participação do ser humano (LEMOS, 2019).

A automação tem sua utilização desde a Segunda Revolução Industrial, quando, com o surgimento da energia elétrica, as atividades realizadas de forma manual e lenta com movimentos repetitivos passaram a ser feitas por máquinas, o que provocou maior produtividade nos processos industriais e reduziu a quantidade de falhas e erros (GOLDSCHMIDT, 2015).

Desde a última revolução industrial, os robôs já substituíram os trabalhadores humanos em diversas frentes, mas com a última revolução industrial, a Indústria 4.0, a automatização tem evoluindo de maneira diferente, apontando para o desenvolvimento de atividades ainda maiores e mais complexas, beneficiando as empresas de modo mais dinâmico e inteligente, flexíveis e autônomos, capazes de transformar o mercado industrial, pois trazem maior produtividade para as empresas e mudanças nas estruturas de custos (BERGER, 2014).

A automação sugere tecnologias de ponta, empresas dos mais diversos ramos de mercado estão adotando e aproveitando dos benefícios gerados por ela, enxugando ao máximo os processos. Sentindo na redução de custos das empresas e eliminação do desperdício gerado como um dos benefícios principais da automação (GOMES, 2019).

Segundo Martines (2013), a automação quando inseridas nas empresas, pode proporcionar um maior nível de qualidade dos produtos, flexibilidade nos modelos de mercado, redução de custos e maior disponibilidade e qualidade da informação sobre o processo e melhor planejamento e controle produtivo.

A implementação de tecnologias automatizadas acima promove uma nova maneira de conduzir os negócios e acaba por adicionar valor aos produtos e processos. O estabelecimento de comunicação entre máquinas e produtos, permitindo que ocorra o aumento de flexibilidade no processo produtivo, além de uma resposta bem mais rápida sem eventos inesperados (MONACO, 2013).

A implantação de máquinas automatizadas nas empresas beneficia ainda mais o empreendimento a se manter competitivo, uma vez que esta aumenta em função da melhoria tecnológica e rapidez diante do fluxo de informações, como efeito, as organizações enfrentam um paradigma cotidiano de como fazer mais com menos, pois os preços dos produtos e/ou serviços são cada vez mais lineares (LOBO, 2018).

Com isso, a automação se ocupa em fornecer tecnologia suficiente de maneira a otimizar os custos alterando os processos internos, gerando o estabelecimento de mudanças que refletiram no sucesso da instituição diante das demais no mercado global. Mas para isso é fundamental focar realmente no que interessa, determinando atribuições e responsabilidade que esta automação representará a cada um dentro da empresa, evitando que haja retrabalho entre setores (TEIXEIRA, 2019).

Os benefícios da automatização com utilização da inteligência artificial podem ser listados pelo que diferencia uma programação comum e uma inteligência artificial, sendo esta, justamente, a capacidade da inteligência artificial de aprender padrões e realizar procedimentos de solução de problemas e tomada de decisões conforme os padrões aprendidos (ARANHA, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho demonstrou-se que a Inteligência Artificial desde o início, a IA gerou polêmica, não agrava muito, alguns consideram audaciosa a proposta, seus princípios e definições de seus principais objetivos e metodologias.

Diante das novas tecnologias presentes na sociedade, observou-se que a Inteligência Artificial nas empresas tem se configurado como uma nova ferramenta de trabalho, uma vez que inúmeras atividades, por meio da IA, tornam-se mais rápidas e eficientes que quando executadas pelo ser humano, por outro lado, os avanços tecnológicos provocam incertezas no futuro do trabalho, quanto ao papel dos trabalhadores no desenvolvimento de suas atividades.

No que corresponde a importância do aprendizado de máquina frente ao atual cenário de modernização das empresas, constatou-se que existe uma dinâmica de ferramentas, novidades e inovações de forma geral presentes na sociedade e isso viabiliza resultados de forma automatizada.

Assim diante desse cenário é fundamental que as máquinas têm se mostrado sua pertinência para os processos organizacionais facilitando o desempenho profissional e empresarial. Ao que tange a importância da aprendizagem de máquina no ambiente empresarial, este estudo apontou que as organizações necessitam cada dia mais de novas tecnologias para que avancem na disputa por espaço no mercado, e que a partir delas tem crescido vertiginosamente os lucros das organizações, resultando em grandes demonstrativos para clientes com base no uso de ferramentas tecnológicas.

As empresas têm buscado investimento quanto ao uso de tecnologias para aumentar a produtividade, substituindo trabalho manual pelo mecânico, mas ainda sem abrir mão da participação humana nesse processo. Ademais, percebe-se que os principais benefícios do uso de máquinas automatizadas nas organizações, correspondem a otimização do serviço, a diminuição de riscos, a pluralidade e complexidade na realização de tarefas simultâneas.

Entretanto, por outro lado, enquanto poucas máquinas fazem o trabalho de muitos, tende-se que alguns postos de trabalhos serão extintos ou substituídos pela inteligência artificial, assim, cabe ao profissional buscar se manter apto para as novas funções que surgem junto as inovações tecnológicas. As discussões pontuadas neste material, forneceram aparato para melhor compreensão acerca do tema aqui suscitado, despertando um olhar e reflexão crítica sobre a questão, propiciando inferir que a Inteligência Artificial fomenta melhores condições de trabalho e ganhos para o mercado de trabalho e setores que a adotam.

Por fim, os dados aqui obtidos podem colaborar significativamente como suporte para debates futuros, além de acrescentar informações importantes para a sociedade e minha área de estudo. Este trabalho futuramente ainda pode ganhar novos contornos e colocações sendo alvo de novos caminhos acadêmicos, tendo em vista que a temática aqui suscitada tem caráter contemporâneo e vale ser tratado independente do momento social vivido.

Referências

- AMÉRICO, I.; AZEVEDO, M. J. G.; SOUZA, A. de. **Trabalho automação na metalurgia manual X automação**. Rio de Janeiro, 2011.
- ARANHA, C L. **Uma abordagem sobre a inteligência computacional**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC- RIO, 2015.
- DAVIS, Chris. **5 bons exemplos de adoção da Inteligência Artificial**. São Paulo, 2019.
- DAVILA, Tony. **As regras da inovação, como gerenciar, como medir e como lucrar**. Porto Alegre: Bookman, 2019.
- DE MASI, Domenico. **O futuro do trabalho**. 8. ed. Brasília: José Olympio, 2013.
- DWYER, Tom. **Inteligência Artificial, Tecnologias Informacionais e seus possíveis impactos sobre as Ciências Sociais**. Porto Alegre, 2017.
- GOLDSCHMIDT, Ronaldo Ribeiro. **Uma introdução à Inteligência Computacional: Fundamentos, Ferramentas e Aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Superior de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2015.
- GOMES, Diego. **Inteligência Artificial: Conceitos e aplicações**, São Paulo, 2019.
- GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice, 2015.
- JÚNIOR, Renato Gomes Borges. **Aprendizado de Máquinas**. Goiânia, 2018.
- LEMONS, Cristina. Inovação na Era do Conhecimento. Rio de Janeiro, 2019. LOBO, Luiz Carlos. Inteligência artificial, o Futuro das máquinas. **Revista brasileira de Educação**, v. 42, n. 3, p. 3-8, 2018.
- MARTINES, Simone. **Gestão de processos: Melhores Resultados e Excelência Organizacional**. p. 25. São Paulo: Atlas, 2013.
- MONACO, Rafael. **Investimentos em automação potencializam competitividade da indústria**. São Paulo, 2013.
- MONTEIRO, Samuel Alves. Gestão da Informação e Qualidade: investimentos teóricos para a Ciência da Informação. **Ciência da Informação em Revista**, v. 2, n. 2, p. 3-16, 2015.
- MUSSI, Célia. As transformações digitais e o mercado de trabalho do futuro. **Revista Científica ICGAP**, v. 1, n. 1, 2018. RABUSKE, R. Inteligência Artificial. Florianópolis: Ed. UFSC, 2015.
- RAPOSO, Dantara Rust. **Indústria 4.0: Realidade, mudanças e oportunidades**. 2018. 38 f. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais, 2018.
- ROCHA, Geomar Machado. Princípios de Automação Industrial. 2017 SILVA, Elcio Brito. Automação & Sociedade: Quarta Revolução Industrial, um olhar para o Brasil. São Paulo: Brasport, 2018.
- SEGURA, Mauro. **Exemplos de Inteligência Artificial aplicada aos negócios no Brasil**. Rio de Janeiro, 2018.
- PESSOA, Rodrigo Monteiro. **A proteção das relações trabalhistas face a automação para a concretização do desenvolvimento**. 162 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Direito, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2013.
- PISTONO, Frederico. **Os Robôs vão roubar seu trabalho, mas tudo bem: como sobreviver ao colapso econômico e ser feliz**. Trad. Pedro Maia Soares. 1. ed. Londres: Penguin Books, 2017.
- TEIXEIRA J.; GONZALEZ M. **Inteligência artificial e teoria de resolução de problemas**. São Paulo, 2019.
- VASCONCELOS, Martins Junior, P.P. **Protótipo de Sistema Especialista em Direito Ambiental para Auxílio à decisão em Situações de Desmatamento Rural**. São Paulo, 2014.
- VICENTE, Francisco. **Inteligência artificial e a indústria da comunicação**. São Paulo. 2019.

CAPÍTULO 27

DOMÓTICA: SISTEMAS ELÉTRICOS AUTOMATIZADOS DE MONITORAMENTO AUXILIANDO NA SEGURANÇA RESIDENCIAL

HOME AUTOMATION: AUTOMATED ELECTRICAL MONITORING SYSTEMS ASSISTANT IN RESIDENTIAL SAFETY

Jermylson Gomes Soeiro¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A constante correria do dia a dia, nos torna vulnerável e nos obriga a mergulharmos no mundo da tecnologia por uma busca incessante por segurança eletroeletrônica e, com os benefícios naturais e de busca por uma maior comodidade primando a segurança. São fatores de grande relevância para o surgimento e o crescimento ainda que suscitado da automação residencial. Porém esta tecnologia ainda está restrita devido diversos fatores como o alto custo e a dificuldade em contratar mão de obra qualificada para instalação e da utilização para uma maior abrangência da tecnologia. Baseado nestas premissas, este trabalho tem como objetivo arquitetar e simular sistema de automatizações residencial simples, porém não menos confiáveis e eficazes no âmbito da domótica, utilizando materiais de custo de fácil acesso e uma linguagem de programação de utilização simples. Os softwares utilizados são responsáveis por realizar a interface com a automação são linkados por um hardware que controla e torna-se responsável pelo monitoramento dos sensores e acionar os dispositivos.

Palavras-chave: Automação. Domótica. Segurança.

Abstract

The constant rush of everyday life, the constant search for safety and with the natural benefits and the search for greater comfort and safety are factors of great relevance for the emergence and growth, albeit succinct, of home automation. However, this technology is still restricted due to several factors such as the high cost and the difficulty in hiring qualified labor for installation and use for greater use. Based on these premises, this work aims to design and simulate a simple automation system, but no less reliable and effective in a residential environment, using affordable materials and an easy-to-use programming language. The software used are responsible for interfacing with the automation and are linked by a hardware that controls and becomes responsible for monitoring the sensors and triggering the devices.

Keywords: Automation. home automation. security.



1. INTRODUÇÃO

A automação residencial, também conhecida como domótica é uma área que está em crescimento por oferecer segurança, praticidade e conforto, pois por meio dela pode-se controlar a iluminação, clima, sistemas de entretenimento, eletrodomésticos, controle de acesso e sistemas de alarme, quando conectados à Internet. Com esse serviço, é possível automatizar qualquer recurso eletrônico, como o simples ato de abrir a portas que pode ser acionado por aparelhos celulares, ou monitorar câmeras de vigilância remotamente, assim garantindo uma maior segurança de seu patrimônio.

O estudo está separado por capítulos. Com o intuito de guiar a leitura, apresenta-se a estrutura organizativa do texto escrito. No primeiro capítulo enfatizamos a introdução e evidenciamos a contextualização, a justificativa, o problema da pesquisa, a metodologia do trabalho e os objetivos geral e específicos. No segundo capítulo aborda-se o progresso da domótica como um sistema inovador que pode nos dar a opção de controlar e estabelecer diversos protocolos entre as interfaces residências de forma muito abrangente. No terceiro capítulo apresentamos os principais componentes e equipamentos utilizados nos projetos de domótica. No quarto capítulo trazemos os impactos proporcionados pela utilização da automação residencial e as tendências deste segmento, assim como esses dispositivos oferecem aos consumidores monitoramento remoto de dispositivos domésticos comuns e maior economia de serviços públicos.

No quinto e último capítulo encerra-se com as considerações finais fazendo um apinhado da pesquisa como um todo, as referências utilizadas, os apêndices e os anexos. |Ainda neste capítulo, baseado em todos os sistemas pesquisados, bem como suas vantagens e desvantagens e os recursos necessários por um sistema ideal para automação residencial com acesso remoto.

Como problemática apresentamos a seguinte indagação: quais os benefícios gerados pela evolução dos sistemas de automação residencial, principalmente relacionado com a segurança?

E com vistas a encontramos respostas para a problemática pensamos para objetivo geral evidenciar o crescimento dos sistemas de automação residencial, destacando a tecnologia empregada em sistemas de monitoramento através de levantamento bibliográfico e nos específico pretendeu-se: Abordar e conceituar automação residencial, apresentando a evolução dos sistemas elétricos automatizados ao longo dos anos; Destacar e caracterizar os equipamentos e componentes utilizados em sistemas de segurança, através do processo de automação residencial; Identificar os benefícios gerados pela utilização destes sistemas, trazemos como premissa para essa pesquisa enunciar de forma sucinta a análise e a pesquisa bibliográfica do tema Sistemas Elétricos Automatizados de Monitoramento na Segurança Residencial. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura por meio de consultas a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados, Google acadêmico, banco de apostila do Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial (SENAI), biblioteca Pitágoras. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 20 anos. Tendo como principais autores Bolzani (2004), Cardoso e Rosso (2012), Dias e Pizzolato

(2004).

2. PROGRESSO DA DOMÓTICA

De acordo com Ferreira (2010), a primeira aplicação de automação residencial foi quando William Penn Powers criou um dispositivo para controlar a temperatura interior, chamado de regulação o dispositivo pode ser datado até ao final do século XIX, desta forma William Penn Powers obteve pleno sucesso e anos depois surgiu a ideia de fundar a *Power Regulator* (PR).

Ainda segundo Ferreira (2010), em algum momento da história da automação residencial houve a necessidade de criar um projeto capaz de integrar controles com a utilização de um sistema por me (*liquid crystal display*), onde era possível monitorar em tempo real todas as informações do dispositivo que era chamado de *system 320*. Percebe-se a necessidade de criar um dispositivo dedicado ao processo de domótica a *pico electronics* foi fundada em 1970 responsável pelo acordo X-10 que é um dos padrões em automação residencial.

Gundi (2007) e Muratori e Bó (2011) utilizaram o final da década de 1970 como ponto de partida para a domótica, temos como referência o surgimento no Estados Unidos, o histórico do primeiro módulo de uma série de ideias para desenvolvimento de projetos em automação, ainda que de forma tímida e inicial com baixa capacidade em ações do tipo acionamento de simples componentes tendo como exemplo uma lâmpada. Nestes módulos, os comandos são enviados pela própria grade da casa, usando a tecnologia *programmable logic controller* (PLC) e usando o protocolo X10 (Figura 1).

Initiation Signal												
1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
<i>Start Signal</i>				<i>House Code "A"</i>				<i>Device Code "2"</i>				

Command Codes		
On = 00101	All Lights On = 00011	Bright = 01011
Off = 00111	All Units Off = 00001	Dim = 01001

Figura 1 – Representação de uma transmissão no padrão X-10
Fonte: Chundururu e Subramanian (2006 apud GUERRA, 2016).

O protocolo X-10 especifica um total de 256 endereços diferentes, 16 códigos de unidade (1-16) para cada um dos 216 códigos de casa (A-P), podem ser observado na Figura 2. O ajuste do transmissor é analisado e depois criado um parâmetro para uma determinada codificação de acordo com a orientação das tabelas observando casa a casa e só então pode criar um controle de até 16 codificação de unidades, não existe restrição de usarmos múltiplos transmissores, podendo configurar e ajustar com um código individual e de forma diferente de casa, nos mesmos condutores. Podendo ainda garantir que os receptores sejam ajustados para o mesmo código de casa e o mesmo código de unidade, o que possibilita que o mesmo comando emitido por um transmissor X-10 possa controlar múltiplos receptores em paralelo (BURROUGHS, 2002 apud GUERRA, 2016).

House Codes					Unit/Function Codes					
	H8	H4	H2	H1		D8	D4	D2	D1	F
A	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
B	1	1	1	0	2	1	1	1	0	0
C	0	0	1	0	3	0	0	1	0	0
D	1	0	1	0	4	1	0	1	0	0
E	0	0	0	1	5	0	0	0	1	0
F	1	0	0	1	6	1	0	0	1	0
G	0	1	0	1	7	0	1	0	1	0
H	1	1	0	1	8	1	1	0	1	0
I	0	1	1	1	9	0	1	1	1	0
J	1	1	1	1	10	1	1	1	1	0
K	0	0	1	1	11	0	0	1	1	0
L	1	0	1	1	12	1	0	1	1	0
M	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0
N	1	0	0	0	14	1	0	0	0	0
O	0	1	0	0	15	0	1	0	0	0
P	1	1	0	0	16	1	1	0	0	0
					All Units Off	0	0	0	0	1
					All Units On	0	0	0	1	1
					On	0	0	1	0	1
					Off	0	0	1	1	1
					Dim	0	1	0	0	1
					Bright	0	1	0	1	1
					All Lights Off	0	1	1	0	1
					Extended Code	0	1	1	1	1
					Hall Request	1	0	0	0	1
					Hall Acknowledge	1	0	0	1	1
					Pre-Set Dim	1	0	1	X	1
					Extended Data	1	1	0	0	1
					Status is On	1	1	0	1	1
					Status is Off	1	1	1	0	1
					Status Request	1	1	1	1	1

Figura 2 – Códigos de comandos no padrão X-10
Fonte: Burroughs (2002 apud GUERRA, 2016)

Bolzani (2004) menciona que nos anos 80 a procura busca pelo uso da automação em pequenos e médios projetos em âmbitos comerciais e residenciais teve um aumento, inspirando companhias. A levitone e X-10 iniciaram um projeto onde foi criado sistemas de domótica, o estudo relata que em torno 1996 consegue-se perceber uma ampla utilização das tecnologias em projetos prediais.

Muratori e Bó (2011) menciona o uso com maior frequência ao *desktop*, *notebook* e ao acesso da rede de comunicação como item de aplicação tecnológica, não podendo deixar de mencionar o início de uma nova era, a era dos eletrônicos portáteis entre uma grande quantidade de eletroeletrônico. Desta forma serviu como o ponto chave para a comercialização das tecnologias residenciais

A Figura 3 é uma representação de uma residência automatizada com vários recursos.

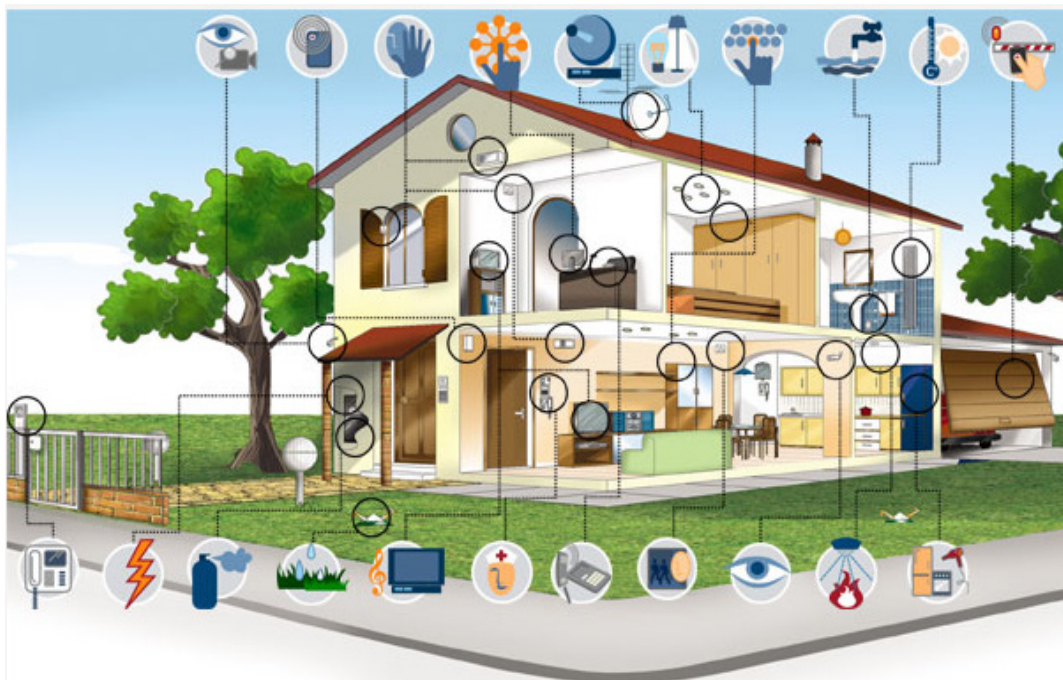


Figura 3 – Residência com recursos automatizados
Fonte: Pinheiro (2015).

Com o avanço da tecnologia e a incessante busca de forma contínua por praticidade e segurança, a domótica é uma área que está em constante crescimento e cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, o que antes parecia uma vaga realidade, em 2020 vem se tornando realidade na vida das pessoas, sistemas automáticos para acionar e desacomodar condicionadores de ar, portões elétricos através de placas eletrônicas interligadas a sensores de presença ou de temperatura.

A tecnologia evoluiu de maneira irreversível de uma única via crescente, a forma como as pessoas interagem, como a grande maioria trabalha e de que maneira elas utilizam o seu tempo em suas residências. O acesso à tecnologia e as mudanças que facilitam a desenvolver as atividades como trabalharem em suas residências demonstram bem como a população tem evoluído no decorrer da última década, em particular, principalmente nas grandes capitais. Pode-se dizer que a natureza e a função da casa estão mudando consideravelmente, o que proporciona transformações na medida em que atinge as relações sociais, a interação familiar, a vida diária e a estrutura da cidade de grandes centros urbanos (Figura 4).



Figura 4 – Representação de duas telas interativas
Fonte: ASD Company BRASIL.

A velocidade em que a tecnologia da informação e a domótica estão sendo inserida na vida da população está mudando o usual conceito de habitação, os seus ganhos podem proporcionar de forma em que terá de evoluir para atender as necessidades reais da sociedade. A conveniência em seus lares não passa de corriqueiras atividades e as tendências do mercado atual com âmbito tecnológico fazem com que sejam reavaliados os conceitos de “moradia”.

Segundo estudos de Muratori e Bó (2011), o comércio da domótica residencial e predial no mercado local no nosso país aos poucos está se desenvolvendo de maneira a se aproximar do mercado dos países mais desenvolvidos com características muito próximas às de mercados de grandes centros mais evoluídos (Figura 5).

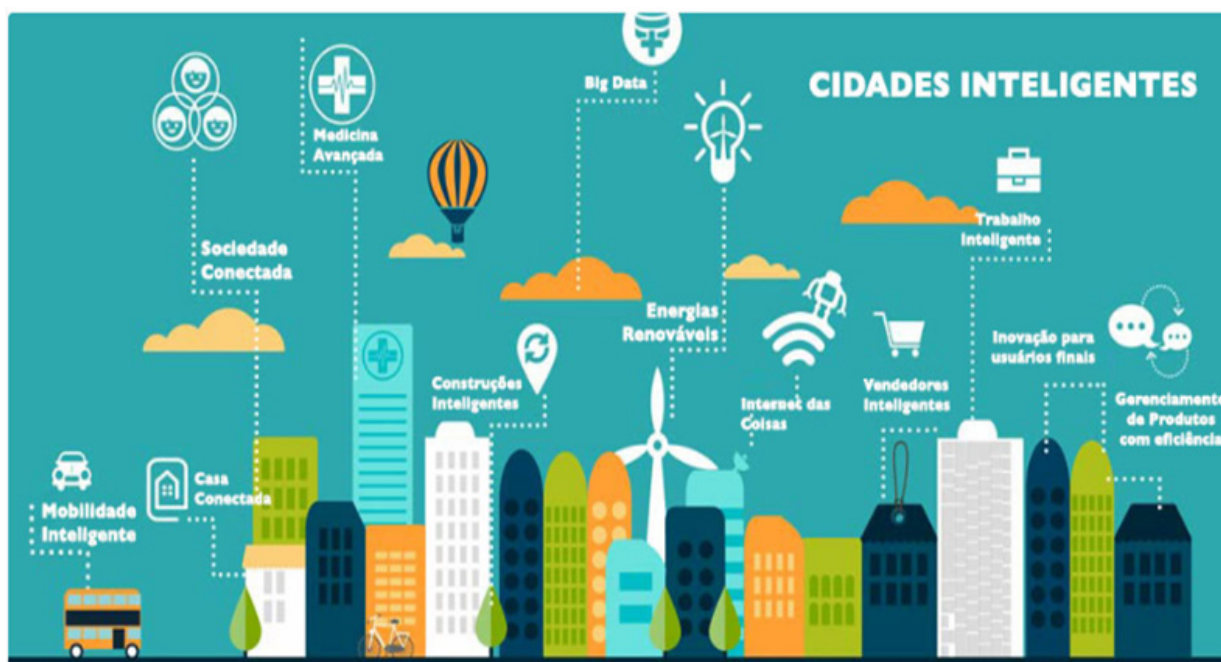


Figura 5 – Cidade inteligente
Fonte: ASD Company BRASIL.

As soluções apresentadas por esses novos profissionais, intitulados por integradores de sistemas residências automatizadas garantem uma situação muito particular desse mercado, em razão das mais diferentes e aplicadas tecnologias, a depender do grau de complexidade do projeto a ser criado e instalado, o mercado ainda não oferece com facilidade sistemas do tipo *plug-and-play*, exigindo profissionais qualificados e habilitados. Como estudo esse material visa desmistificar de forma a qualquer pessoa ainda que leiga entender como evoluiu a automação residencial, tendo como foco sistemas de monitoramento seja por sistema de segurança, conforto ou sistemas de entretenimentos. Dessa forma o estudo foi realizado de forma a abranger tópicos diversos da domótica.

3. TECNOLOGIAS APLICADAS

Segundo Gundi (2007), em geral, pode-se citar todas as principais atividades realizadas pela integração da automação residencial, segue (Figura 6):

- Controle remoto da residência;

- Closed-Circuit Television (Circuito Fechado de Televisão) (CCTV);
- Controle de acesso (biométrico, cartão de proximidade);
- Controlar e monitorar o sistema de iluminação;
- Monitoramento de medições (água e eletricidade);
- Controlar e monitorar o sistema *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC) – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
- *Home theater* e sistemas de áudio e vídeo;
- Sistema de detecção e alarme de incêndio.



Figura 6 – Diversas tecnologias usadas na domótica
Fonte: Freepik

Em todos os subsistemas do sistema operacional domésticos, os mais importantes são os sistemas de controle de iluminação, HVAC, controle de acesso e segurança, bem como sistemas de entretenimento, pois estes proporcionam segurança e praticidade para os usuários.

3.1 Controle da Iluminação

São caracterizados principalmente pela detecção de movimentos para o acionamento de lâmpadas (usados os sensores de presença em vários casos) e pela possibilidade do ajuste de luminosidade no ambiente, tal quanto a economia de energia através desses sensoriamentos (DIAS; PIZZOLATO, 2004).

Segundo Banzato (2022), A forma mais simples de se controlar a iluminação é, logicamente, o toque no interruptor, acendendo as lâmpadas que se deseja (Figura 7).

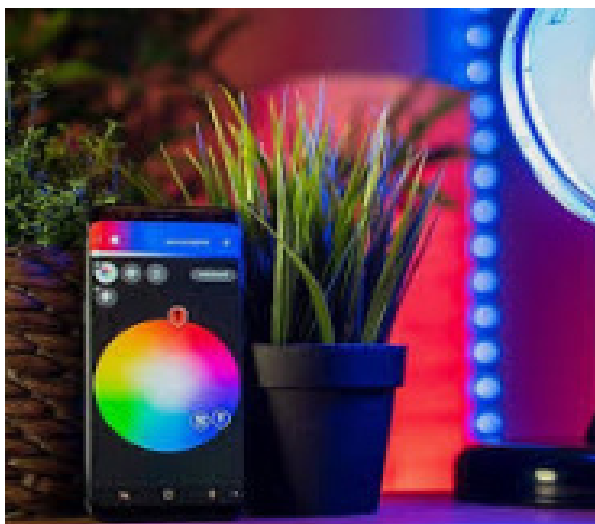


Figura 7 – Controle de iluminação
Fonte: Habitissimo BRASIL

Tendo como base o ano de 1961, essa tecnologia era a única forma de acendê-las ou apagá-las, mais com a invenção do controlador de intensidade de luz essa trajetória muda com utilização de um recurso um pouco mais rebuscado dando um controle na luminosidade com intensidade da corrente e desta forma permite controlar a potência da lâmpada.

No começo eram compostos de grandes reostatos e de pouca eficiência, ligados em série com as lâmpadas, esses reostatos dissipavam muita calor, podendo causar sinistros. Com a evolução da tecnologia deu-se início a utilização de semicondutores que são bem menores mais eficientes e mais confiáveis, podendo também ser ligado com módulos de controle dando-lhes novas funções do tipo: temporização, programação e integração com outros dispositivos. em busca de modernidade a luminoteka busca maior eficiência tecnológica, tendo como objetivo propiciar uma ótica mais confortável em ambientes diversos.

3.1.1 Sistema HVAC

Buscando informação técnica em relação a calorimetria e termometria podemos identificar as letras correspondentes a H (aquecimento), utilizado nos para identificação a aquecedores, desta forma pode-se obter uma temperatura muito mais agradável com um equilíbrio térmico definido pelo usuário (Figura 8).

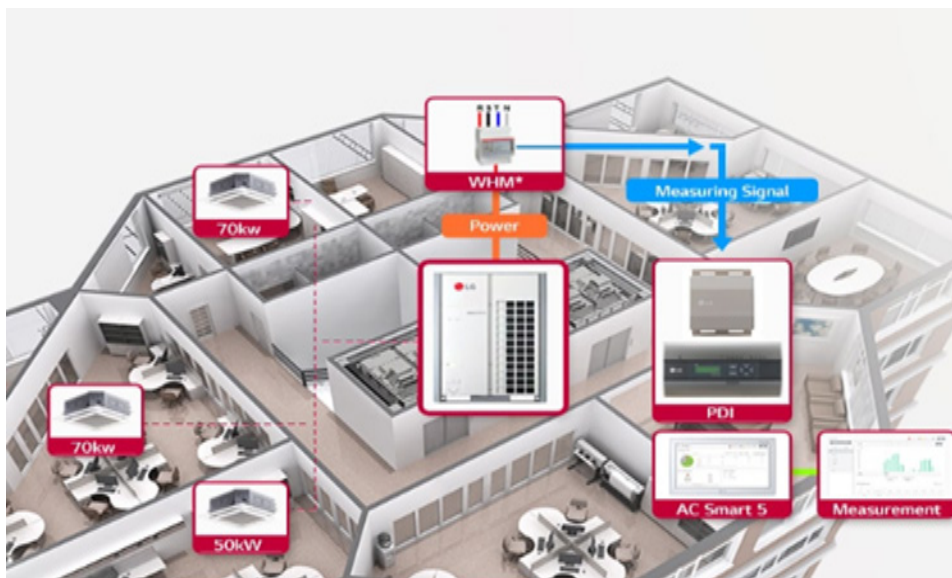


Figura 8 – Sistema de controle de temperaturas
Fonte: LG electronics do BRASIL (2009-2022)

Ainda cita-se que V (ventilação) usado para identificar sistema de circulação de ar. A C (condicionado de ar e refrigeração) responsável por uma troca de calor podendo ser quente frio ou frio quente (condicionador de ar tipo ciclo reverso).

3.1.2 Sistema CCTV ou CFTV

A sigla CCTV significa circuito fechado de televisão que é um sistema de monitoramento e vigilância criado para proporcionar segurança aos moradores através de um sistema de câmeras distribuídas e conectadas a uma central que fornece imagens e gravações através de monitores. Segundo Marcondes (2021), o sistema de segurança residencial inteligente é baseado em uma vigorosa tecnologia integrada da Internet que funciona em conjunto com outros sistemas inteligentes de automação residencial para fornecer o nível avançado de proteção para seus usuários em uma premissa designada. As câmeras de segurança são responsáveis por garantir ou ao menos proporcionar segurança aos seus usuários. Esses gadgets continuam monitorando e gravando clipes de eventos no período específico do dia ou da noite, sempre que solicitado ou programado.

No escopo da mais recente tecnologia de automação residencial inteligente, o uso e a disponibilidade de diferentes tipos de câmeras de alta segurança, incluindo modelos de câmeras de vídeo de alta qualidade e com melhor capacidade de gravação, ganharam grande popularidade (Figura 9). A acessibilidade desses aparelhos inteligentes e sua baixa manutenção tornaram esses aparelhos bastante procurados. Esses sistemas inteligentes de segurança residencial podem informar o usuário sobre alterações de temperatura, essa informação ajudará a prever e antever de forma prematura (MARCONDES, 2021).



Figura 9 – Representação de um sistema de CFTV
Fonte: Bit 2000- telecomunicações (2000)

Esse sistema tem como objetivo evitar incêndios, violências, vandalismos, roubos e demais mazelas que possam ser impedidas e até identificar suspeitos de crimes.

3.1.3 Fechaduras automatizadas de portas e janelas

Visando conforto e segurança dos proprietários de prédios e residências as fechaduras elétricas e eletrônicas proporcionam melhores benefícios dos sistemas de automação residencial trazendo facilidade de uma trava de porta automatizada, através de um sistema eletrônico, o usuário pode travar ou destravar as portas com um simples toque.

Essa tecnologia traz como premissa a comodidade que resulta em uma maior confiabilidade para os proprietários, desta torna-se possível aproveitar com maior comodidade as suas atividades diminuindo a preocupação com invasão de suas residências (VENTURA, 2021).

3.1.4 Alarmes domésticos

Os sistemas domésticos inteligentes atuam como supersensíveis e proativos sensores, se for para detectar qualquer entrada maliciosa na residência. Os sistemas podem alertá-lo imediatamente sobre os riscos ou contratemplos que possam violar a privacidade da casa quando o usuário não tiver esses sistemas (Figura 10).



Figura 10 – Sistema de alarme
Fonte: Technocera

O uso de alarmes e notificações pode manter o usuário atualizado sobre o perigo iminente e alertas. Os alarmes domésticos fornecem à residência a cobertura de segurança com benefícios de automação (SILVA, 2009).

3.1.5 Sistema de entretenimento

Esse sistema é ótimo para quem busca praticidade na hora das descontrações, pois envolve o controle dos dispositivos de vídeo e áudio, que como toda tecnologia funcionam por comandos de voz, botões ou toques a tela, dependendo da preferência do usuário. Estamos com certeza com o grande desenvolvimento das mais variadas possibilidades de novas aplicações e nos deparamos diariamente com o uso dessas tecnologias ainda que de forma imperceptível. “Conectividade aumenta o poder nas redes” comenta Bob Metcalfe, inventor da Ethernet, fundador da 3 Com, e colunista da Info World. É conhecida com o a lei de Metcalfee diz que a rede cresce em valor como quadrado do número de nós conectados (STRINGFIXER, 2021).

Observamos uma grande explosão de valores de usuários conectados quando diversos equipamentos estiverem interligados à Internet de forma simples e fácil utilização por qualquer usuário.

Desta forma os sistemas de entretenimento ficam compactados e organizados em uma estrutura de ícones quase autoexplicativo.

4. PROTOCOLOS DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

De acordo com Chamusca (2006), os protocolos são responsáveis por fazer a comunicação dos sistemas de automação como os dispositivos das residências, no mercado brasileiro a uma variedade de tecnologias disponíveis como:

- **X-10:** De acordo com Chamusca (2006), esse é o protocolo de comunicação da rede, que tem por componentes básicos o módulo controlador e receptor. O módulo é instalado em uma tomada existente e envia um sinal binário da rede elétrica. Tornando a fase como objeto a ser controlado por um dos componentes que também estejam nessa fase;
- **LonWorks:** De acordo com Bolzani (2004), é reconhecida internacionalmente como o padrão para redes de controle interoperáveis. em LonWorks, não há arquitetura central ou mestre-escravo.
- **Ethernet:** Utilizado em protocolo de comunicação de dispositivos, sendo capaz de compartilhar pelo mesmo cabo a mesma informação para todos os dispositivos interligados, sendo considerado uma ótima alternativa para comunicação de redes domésticas.
- **Bluetooth:** Este é o padrão *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) 802.15.1, através da alta-frequência, sinal de transmissão de dados sem fio de curto alcance, é considerado uma tecnologia sem fio de valor acessível (AGUIRRE, 2007; BOLZANI, 2004);
- **ZigBee:** este é o padrão IEEE 802.15.4, transmissão de dados através da tecnologia de sinal de rádio de alta frequência, com um alcance maior do que *bluetooth*, mas com maior custo e taxa de dados inferior (AGUIRRE, 2007; BOLZANI, 2004);
- **Rede sem fio:** este é o padrão IEEE 802.11, a transmissão de dados através da tecnologia de sinal de rádio de alta frequência, faixa de velocidade de transmissão e maior do que *bluetooth*, mas o custo mais elevado em comparação com ZigBee e *bluetooth* (AGUIRRE, 2007; BOLZANI, 2004).

4.1 As principais vantagens, desvantagens da automação residencial

As características mencionadas por Cardoso (2009), como segurança, flexibilidade, fortalecimento da construção de infraestrutura, economia de energia e proteção ambiental, simplicidade na instalação e manutenção são alguns dos itens relacionados como principais vantagens da aplicação de sistemas de automação residencial em edificações, porem temos como pontos de desvantagem: Alto investimento financeiro, falta de técnicos especializados, a integração de diferentes soluções em projetos de automação residencial devido ao uso de tecnologia fechadas. Como solução para projetos mais simples temos o uso de *software* e *hardware* de código aberto que facilita na aquisição e execução (Figura).



Figura 11 – Ideia de arquitetura via software
Fonte: Domokyo

Cardoso (2009) descreve ainda os seguintes aspectos exigidos em soluções de automação residencial:

- Flexibilidade: a estruturação na posição do sensor pode ser facilmente modificada de posição;
- Alterabilidade: novos itens podem ser alterados e inseridos ao sistema, para que sempre possa ser atualizado, dessa maneira pode-se evoluir com a aparição de novas tecnologias;
- Análise sensorial: é a forma de interpretar e processar informações de dados biométricos com a possibilidade de mudança do ambiente, tendo como realização de ajustes constantes para garantir maior confiabilidade em mais altos níveis de conforto, bem-estar e uma excelente produtividade, por esse motivo podemos classificar como prédios ou casas inteligentes.

Carvalho e Silva (2011) afirmam atender as quatro necessidades básicas dos edifícios (energia, tráfego, conforto e segurança) e obter um subsistema integrado completo, é necessário, que todos os equipamentos utilizem a mesma rede de automação residencial como padrão. No entanto, uma vez que cada empresa no domínio da domótica tem os seus próprios padrões de comunicação.

Portanto, Carvalho e Silva (2011), garantem que isso não é padronizado, resultando em várias combinações de redes e de comunicação, desta forma teremos uma maior

possibilidade de falta de comunicação, ou seja, o processo de implantação de sistemas de automação residencial é complicado e por tanto gera uma maior complexidade e custo, são esses os maiores desafios resultantes em desvantagens da automação residencial.

4.2 Principais componentes e equipamentos que são utilizados em projetos de monitoramento por domótica

A vários equipamentos usados na automação residencial como sensores, atuadores, Interfaces e controladores sejam eles micro ou CPUS mais complexas e os protocolos de comunicação, esses equipamentos são responsáveis por fazer o sistema de automação funcionarem, interligando os eletros domésticos da residência e facilitando seu controle (FERREIRA, 2010).

4.3 Sensores

Segundo Tófoli (2014), o sistema de automação residencial começa com sensores, dispositivos que detectam e respondem a algum tipo de entrada do ambiente físico. Eles podem detectar coisas como contato de janela e porta, presença de pessoa (para controle de iluminação, aquecimento, segurança), movimento, umidade, temperatura etc. Os sensores usados em nosso exemplo incluem genéricos, luz, movimento, som, umidade e temperatura. É possível adicionar mais sensores, mas mesmo com apenas esses, o sistema é muito universal, flexível e versátil. Por exemplo, o sensor de temperatura, umidade pode ser usada como um monitor da planta para informar ao usuário final quando precisa de água, como um detector de vazamentos no banheiro ou até mesmo ser colocado no varal para enviar um alerta quando a roupa terminar de secar.

A Figura 12 ilustra modelos de sensores utilizados na automação residencial.



Figura 12 – Sensores usados na automação
Fonte: Kosten-Hauss

Nos casos mais comuns, os sensores transformam algumas propriedades do mundo real, como temperatura, massa, velocidade, pressão etc. em algum sinal elétrico que podemos medir. O sinal se torna uma representação da propriedade. Geralmente, uma tensão representa o valor da propriedade medida. Por exemplo, um sensor de tempe-

ratura pode produzir uma saída na faixa de 0Volt a 10Volts DC. Todas as temperaturas intermediárias podem ser determinadas medindo a tensão e aplicando o fator de escala correto (TÓFOLI, 2014).

4.4 Controladores

São vários controladores, porém, como principal temos o hub e classificado como a parte mais essencial do sistema de automação residencial, independentemente do número de sensores utilizados no projeto de domótica. O controlador principal ou o hub também pode ser classificado como *gateway* o uso do componente é conectado ao seu roteador doméstico através do cabo Ethernet. Os sensores utilizados nos projetos de domótica são baseados na IoT e, transmitem ou recebem sinal através do hub centralizado. O hub, por sua vez, recebe a entrada ou comunica a saída para a rede em nuvem localizada na Internet (Figura 13) (BOLZANI, 2010).



Figura 13 – Arquitetura de rede
Fonte: Simplifies SimpleHome

Continua Bolzani (2010), que com este modelo de arquitetura, tornasse possível a comunicação com o hub centralizado, mesmo a partir de pontos remotos e distantes tendo como comunicador um smartphone. Desta forma fica sendo necessário apenas uma conexão à Internet confiável no local do hub e o pacote de dados no seu smartphone que permita a se conectar à rede na nuvem. Na grande maioria dos controladores domésticos inteligentes ofertados no mercado por vários fornecedores atendem aos três protocolos de comunicação sem fio amplamente utilizados para redes de domótica I: ZigBee, Z-Wave e Wi-Fi.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha da segurança por domótica permitiu atingir os objetivos deste estudo, demonstrando a eficácia nos temas abordados, mostrando que, através do uso da domótica é possível a empregabilidade das funções básicas tendo como exemplo controle e monitoramento da tecnologia em equipamentos eletroeletrônicos conectados pela internet, a conexão entre os dispositivos permite que eles funcionem em malha, garantindo um funcionamento de maneira uniforme e padronizada desta maneira temos como ganho maiores resultados. Percebe-se a importância da utilização da domótica nas atividades das pessoas, possibilitando maior conforto em sua residência com acesso aos dispositivos integrados, sistemas de segurança de maior confiabilidade nos diversos ambientes, controle no acesso a residência do tipo reconhecimento por voz ou reconhecimento por face dos frequentadores cadastrados em um sistema de *software*.

Referências

AGUIRRE, Luis Antonio (ed.). **Enciclopédia de automática**: controle e automação. São Paulo: Blucher, 2007. 3 v.

BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Residências inteligentes**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

CARDOSO, Adilson Jair; ROSSO, Pedro A. Automação predial utilizando o celular: domótica. **Revista Técnico Científica**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 28, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/index.php/rtc/article/view/795>. Acesso em: 10 abr. 2022.

CARDOSO, David Luís. **Domótica inteligente**: um contributo prático. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Computadores) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2009.

CARVALHO, Sérgio Silva de; SILVA, Ivan Vieira Ferreira da. Domótica: uma abordagem sobre redes, protocolos e soluções microprocessadas de baixo custo. **Revista Semana Acadêmica de Domótica**, Fortaleza, v. 1, n. 6, p. 1-35, 2011.

CHAMUSCA, Alexandre. **Domótica e segurança eletrônica**: a inteligência que se instala. Lisboa: Ingenium Edições, 2006.

DIAS, César Luiz de Azevedo; PIZZOLATO, Nélio Domingues. Domótica: Aplicabilidade e Sistema de Automação Residencial. **Vértices**, Campos dos Goytacazes, v. 6, n. 3, p. 9-32, set./dez. 2004.

FERREIRA, Victor Zago Gomes. **A domótica como instrumento para a melhoria da qualidade de vida dos portadores de deficiência**. 2010. 30 f. Monografia (Graduação em Tecnologia de Automação Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, João Pessoa, 2010.

GUERRA, Felipe Henrique Moreira. **Automação residencial de baixo custo com protocolo X10 E**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

GUNDIM, Robmilson Simões. **Desenvolvimento e aplicação de metodologia para auxílio da engenharia em Automação Residencial**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MARCONDES, José Sérgio. Sistema de Segurança Residencial: O que é, para que serve e Tipos. *In*: MARCONDES, José Sérgio. **Blog Gestão de Segurança Privada**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://gestao-desegurancaprivada.com.br/sistema-de-seguranca-residencial-o-que-e-para-que-serve-e-tipos/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique dal. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. *In*: O SETOR ELÉTRICO. **Uploads**. São Paulo, 2011. Disponível em: https://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf. Acesso em: 2 set. 2020.

PINHEIRO, José Maurício dos Santos. Domótica. *In*: PROJETO DE REDES. **Artifos**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo-domotica.php>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SILVA, Danise Suzy da. **Desenvolvimento e implementação de um sistema de supervisão e controle residencial**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Automação e Sistemas; Engenharia de Computação; Telecomunicações) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/15219>. Acesso em: 10 mar. 2022.

STRINGFIXER. **Robert Metcalfe**. [S. l.], mar. 2021. Disponível em: https://stringfixer.com/pt/Robert_Metcalfe. Acesso em: 10 mar. 2022.

TÓFOLI, Ricardo José. **Casa inteligente**: sistema de automação residencial. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Fundação Educacional do Município de Assis, Assis, 2014.

VENTURA, Andressa Alencar. **Proposta de automação de uma residência**. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2021. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/217500>. Acesso em: 20 mar. 2022.



CAPÍTULO 28

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

INDUSTRIAL AUTOMATION: CHALLENGES AND PERSPECTIVES

Paulo Cantanhede Costa¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A presente pesquisa aborda a automação industrial: desafios e perspectivas, visto a crescente prevalência do setor industrial mediante aparatos automatizados, tem se mostrado pertinente o uso de máquinas e modelos artificiais para a agilidade e desenvolvimento de setores e processos. O objetivo principal deste estudo foi compreender a partir de uma revisão de literatura acerca da automação industrial, abordando as principais perspectivas e desafios. A metodologia desta pesquisa caracteriza-se em revisão bibliográfica de estudos literários referentes ao presente tema a partir de fichamentos dos materiais pesquisados e coletados de artigos científicos do Google Acadêmico, Scielo e Capes. Este trabalho permitiu concluir que a automação é responsável por provocar mudanças significativas capazes de revolucionar os setores industriais e tem sido observada como um marco no setor industrial, correspondendo a importantes impactos e mudanças que revolucionaram toda a perspectiva industrial.

Palavras-chave: Automação, Perspectiva Industrial, Desafios industriais.

Abstract

This research addresses industrial automation: challenges and perspectives, given the increasing prevalence of the industrial sector through automated devices, the use of machines and artificial models for the agility and development of sectors and processes has been shown to be relevant. The main objective of this study was to understand from a literature review about industrial automation, addressing the main perspectives and challenges. The methodology of this research is characterized by a bibliographic review of literary studies related to the present theme from the records of the researched materials and collected from scientific articles from Google Scholar, Scielo and Capes. This work allowed us to conclude that automation is responsible for causing significant changes capable of revolutionizing the industrial sectors and has been observed as a milestone in the industrial sector, corresponding to important impacts and changes that revolutionized the entire industrial perspective.

Keywords: Automation, Industrial Perspective, Industrial challenges.



1. INTRODUÇÃO

A automação industrial consiste em manipular processos na indústria por meios mecânicos e automáticos, substituindo em parte o trabalho humano por maquinários, propiciando o ganho da quantidade e qualidade no quesito produção, além de ofertar melhores preços sobre o produto.

Esse setor engloba diversas tarefas juntamente com o gerenciamento no setor administrativo e de produção. Seus processos são tidos como importantes no que tange ao quesito de modernização da indústria brasileira. Contudo, a automação ainda passa por desafios para que suas perspectivas sejam alçadas, propiciando ganhos com produtividade significativos por se tratar de um sistema automatizado as chances com problemas de controle e erros humanos mostram-se baixíssimos, existindo a diminuição de retrabalhos, tornando os processos bem mais eficientes (LEUZENSKI, 2016).

O tema do trabalho foi selecionado visto a crescente prevalência do setor industrial mediante aparatos automatizados, uma vez que tem se mostrado pertinente o uso de máquinas e modelos artificiais para a agilidade e desenvolvimento de setores e processos. Mediante ao exposto, é possível suscitar que a elevada significância deste tema, considerando que o processo de automatização tem aumentado gradualmente, mostrando pertinente ao ganho da quantidade e qualidade da produção, além de fomentar melhorias ao consumidor.

O desenvolvimento desta pesquisa portanto, se mostra relevante quando consideramos que este viabilizará a sistematização de material bibliográfico disponível de maneira a fomentar melhor embasamento no que diz respeito às investigações acerca da automação industrial, afim de promover conhecimento e aparato científico capaz de demonstrar a importância dessa ferramenta para o setor industrial, contribuindo ainda para o desenvolvimento econômico e profissional adequado na área.

Para desdobramento desta pesquisa estabeleceu-se como problema: Quais os principais desafios e perspectivas da automação no setor industrial? No intuito de responder o problema aqui suscitado foi traçado o seguinte objetivo geral: Compreender a partir de uma revisão de literatura acerca da automação industrial, abordando as principais perspectivas e desafios. Como objetivos específicos ficou delineado: apresentar a evolução da automação industrial; refletir sobre os principais fatores de desenvolvimento da automação; compreender as principais perspectivas e desafios no desenvolvimento da automação industrial.

No que corresponde a metodologia, esta se configura como uma revisão bibliográfica de estudos literários referentes ao presente tema à partir de materiais pesquisados e coletados de artigos científicos do Google Acadêmico, Scielo e Capes. Para a busca foram utilizados os seguintes descritores: Automação; Perspectivas Industriais; Industria automatizada, em artigos publicados entre os anos de 2011 a 2021 em periódicos confiáveis, como critério de inclusão. Como critérios de exclusão ficou definido que não entrariam na produção do material: artigos que não se referem à abordagem do tema, artigos publicados em periódicos de abrangência latino americano, espanhol e inglês.

No que tange a estrutura do material esse foi estruturado nos seguintes capítulos: o primeiro voltado para a evolução da automação industrial, o segundo corresponde ao delineamento dos principais fatores de desenvolvimento da automação e o terceiro capítulo corresponde as perspectivas e desafios no desenvolvimento da automação industrial, fechando este material encontram-se as considerações finais.

2. EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A evolução da automação vem acontecendo ao longo dos séculos. Desde os primórdios que o homem vem criando máquinas mecânicas e dispositivos para reduzir o esforço físico e aumentar a produção de tarefas. Ao longo do tempo o homem buscou melhorias, com as evoluções de tempo e espaço é possível verificar que existe uma significativa melhora nos processos e facilidades ofertadas para a humanidade, desde a invenção da roda e do fogo muito já se modificou. Aqui será discorrido acerca da evolução da automação, onde o homem passou a desenvolver diferentes técnicas e equipamentos para produzir mais e melhor, propiciando condições de vida melhor (VOLPATO, 2017).

O processo de automação não prende-se ao âmbito industrial, tem evoluído e desempenhado papel fundamental direcionado ao avanço dos processos, os meios de automação estiveram presentes e extremamente importantes do contexto histórico como a corrida espacial, aviação comercial, indústria de guerra, entre outras aplicações (FONSECA; CUNHA, 2015).

O homem sempre procurou por caminhos novos para o desenvolvimento da automação, a revolução industrial proporcionou um avanço importante, “máquinas a vapor e, com ela, James Watt, desenvolvendo o primeiro controlador automático para um processo industrial” (RIBEIRO, 2018, p. 58).

O contexto histórico da automação tem diversos colaboradores, entre tantos, destaque para Isaac Newton, onde a partir de seus fundamentos da modelagem matemática e de análises estatísticas, chegando aos pesquisadores atuais, responsáveis pelos controles de satélites, mísseis, entre tantos outros artefatos controlados. As guerras no processo histórico foram os maiores patrocinadores de desenvolvimentos de tecnologias em diversas áreas, inclusive da automação (MARTINS, 2012).

Historicamente, o primeiro termo usado foi o de controle automático de processo. Foram usados instrumentos com as funções de medir, transmitir, comparar e atuar no processo, para se conseguir um produto desejado com pequena ou nenhuma ajuda humana. A partir deste novo nível de instrumentos, com funções de monitoração, alarme e intertravamento, é que apareceu o termo automação. As funções predominantes neste nível são as de detecção, comparação, alarme e atuação lógica (ROSÁRIO, 2019).

O grande papel da automação industrial, não é eliminar o homem do processo industrial e sim, integrar diferentes processos, seguindo um projeto e um gerenciamento administrativo e financeiro. Pode-se então definir automação industrial “como um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos vários processos na indústria, substituindo o trabalho muscular e mental do homem por equipamentos diversos” (ARNALD, 2015, p.



66).

A partir da sua evolução acelerada, a automação encontra-se no caminho da construção de sistemas cada vez mais inteligentes, afim de realizar tarefas que atualmente somente o homem é capaz de executar. A automação pode manter o homem no domínio no que tange a produção industrial, porém propiciando mais facilidade e uma posição mais confortável para a execução de tarefas (CAPELLI, 2018).

Com o avanço da tecnologia, houve uma exigência maior pelo mercado por produtos com maior qualidade, e para isso, foi necessário introduzir na linha de produção a automação industrial, cuja a finalidade é acabar com o erro humano causado pela fadiga. A automação é um sistema de computadores que substitui o trabalho humano com intuito de melhorar a velocidade da produção, diminuir os custos, aumentar a qualidade dos produtos, e por fim e não menos importante, a segurança dos operários (VIEIRA, 2017).

O principal impacto da automação industrial na revolução industrial 4.0 está na eliminação dos trabalhos repetitivos, na mudança da maioria dos trabalhos presenciais para remotos e na conexão homem-máquina, este último, por sua vez, enfrenta desafios, pois a maioria das pessoas não estão preparadas para as mudanças com medo de perder suas liberdades individuais e seus cargos (VARES, 2013).

Também houve uma grande mudança no sistema financeiro internacional para a chegada da Revolução Industrial 4.0, e uma dessas mudanças será a substituição do papel moeda por criptomoedas. Isso vai mudar a forma como as pessoas fazem transações financeiras (CAMACHO; DIAS, 2021).

A automação industrial tem se configurado como uma realidade essencial em nas empresas das menores até maiores e renomadas indústrias, ainda assim, diversas empresas ainda têm suas restrições voltadas a aplicação dos processos produtivos. Isso deve-se ainda ao fato de identificarem a automação como algo complexo e ainda de difícil alcança dentro da realidade econômica de cada empresa. O processo de automação industrial tem acontecido de forma lenta, principalmente nas duas últimas décadas. Acontece que ainda existe uma falsa ideia que a automação tende a acabar com empregos e modificar a economia de forma negativa (SILVEIRA, 2015).

A sociedade é competitiva, onde as fábricas buscam meios de reduzir os custos da produção para levar produtos mais baratos aos seus clientes a fim de eliminar a concorrência. Nesse contexto, investir em novas tecnologias automatizadas com inteligência artificial seria uma forma de reduzir as perdas econômicas causadas pela falha humana (LEMI, 2018).

A implementação da robótica com inteligência artificial avançada pode contribuir para o aumento da velocidade da produção, bem como para a redução dos preços do produto final, fazendo que os mais pobres tenham poder aquisitivo maior para comprar produtos pré-fabricados. Contudo, ela pode trazer desemprego em massa, eliminação de diversos tipos de trabalhos manuais e o fim da propriedade privada nacional (MORAES; CASTRUCI, 2013).

3. FATORES DE DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO

A automação ao que converge a sua estrutura requer integração de modo que esta seja capaz de privilegiar meios de sustentação e promoção de habilidades dos profissionais envolvidos com capacidade para ligações de fatos particulares do sistema como um todo (TIGRE, 2016).

Tendo por base a modernidade e as evoluções já alcançadas no Brasil, a automação industrial é um processo que ainda encontra-se em momento de estabelecendo. A partir dessa compreensão é preciso entender a necessidade de reestruturação das empresas e indústrias buscando que a economia siga se modernizando a partir dos novos modelos ofertados pela automação (ANTUNES, 2016).

A automação industrial é muito importante para o desenvolvimento econômico do país e pode ser aplicada em todas as áreas dos setores industriais. Apesar de surgir, no período Pós Segunda Guerra, inicialmente na indústria automobilística e têxtil, hoje ela está presente nos mais variados setores. A diminuição dos custos de aquisição e implantação dos sistemas de automação nas indústrias possibilitou o aumento de sua utilização pelas empresas, o aumento da produtividade, permitindo que empresas conseguissem produzir em larga escala, garantindo ainda assim, padronização e qualidade. A produção em escala contribui para a diminuição dos custos dos produtos fabricados, dando acessibilidade econômica à população à bens de consumo, fato que não era possível à décadas atrás (SOUSA, 2020).

A automação tem evoluído de modo a trilhar um caminho de construção de sistemas inteligentes capazes de realizar as tarefas que antes somente o homem poderia executar. A evolução da industrialização, aponta para impactos causados pela automação, demonstrando que existem pontos pertinentes para sua aplicação, mas existem pontos que geram medos nos trabalhadores e o medo de substituição do homem pela máquina (MARTINS, 2012).

Quando se fala em impactos causados pela automação, o que nos vem à cabeça é o desemprego. Os trabalhadores ficam aterrorizados com a possibilidade de perda de emprego. Certamente os controles automáticos se instalam no lugar dos homens, muitas vezes um robô substitui dezenas ou até centenas de homens em uma linha de produção (CONCEIÇÃO, 2012, p. 19).

Mas, o que já é possível saber que a automação pode também manter o homem no domínio da situação no que se refere à produção industrial, porém numa posição mais confortável. O homem, dentro desse processo tem sido cada vez mais utilizado para fins de uso racional e resolutivo e apenas comandado sobre a máquina, de maneira que a automação vem mostrando que não pretende deixar de lado o homem mas facilitar seus trabalhos. Porém essa mudança aponta a necessidade de especialização dos profissionais, buscando competências para o desenvolvimento de suas atividades (GOMES, 2016).

O processo de automatização industrial tem ganhado contornos e aumentado de forma gradativa, se ocupando em propiciar ganho em quantidade e qualidade produtiva e econômica, simultaneamente, ofertando melhores serviços ao consumidor. Seu avanço tem relação a fatores como o avanço recente da microeletrônica, que tem invadido as in-



dústrias (GROOVER, 2011).

Esse processo de automação tem como fator positivo a substituição do trabalho humano desgastante por máquinas computadorizadas, que sejam capazes de facilitar o trabalho dos funcionários de determinada instituição, proporcionando ganhos relevantes no que tange a produtividade e integrando tarefas distintas na rotina dos profissionais, além de viabilizar a elaboração de projetos e gerenciamento de produção

Nesse sentido, os fatores de desenvolvimento da automação relacionam-se ao poder de ampliar a competitividade da organização, proporcionando assim maior desenvolvimento das empresas, provocando melhorias tanto para o meio industrial como para o consumidor, o qual propicia fornecer produtos de qualidade, com menor custo, durabilidade, e outros (CONCEIÇÃO, 2012).

A automação não se aplica somente a necessidade de melhorias na produção, mas também ao atendimento de demandas crescentes no mercado, baseando-se em padrões de qualidade para agilidade de processos. Com o surgimento da automação, surgem também seus desafios tecnológicos, econômicos e organizacionais para sua efetivação (DIAS; MARTIGNAGO, 2012).

As empresas que abraçam e levam a sério a automação e especialização de seus funcionários, muitos dos próprios operários deixam a linha de montagem tradicional para aprender eletrônica, programação de computadores análise de projeto de novas máquinas e passam a controlar, manter, reparar, supervisionar ou programar as máquinas, acompanhando de perto o trabalho da linha de montagem nos trechos automatizados, intervindo sempre que sua presença se torna necessária (VARGAS, 2016).

4. PERSPECTIVAS E DESAFIOS NO DESENVOLVIMENTO DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A Quarta Revolução Industrial ou Revolução 4.0 é o termo utilizado para designar o emprego de tecnologias na automação e comunicação de processos de forma mais rápida e eficiente, alcançando o conceito de fábricas inteligentes, dotadas de estruturas modulares, com a capacidade de atender de forma individualizada as necessidades dos clientes (SILVEIRA, LIMA, 2013).

Não existe um consenso sobre a definição exata de Indústria 4.0, sendo que diferentes autores a descrevem de acordo com sua ótica, porém sempre levando em conta as mudanças causadas pelo uso da tecnologia nos processos e no modelo de negócio das empresas. Nessa nova Revolução busca-se aproximar a empresa e seus processos ao conceito de sistemas ciberfísicos e todas as suas tecnologias associadas, onde dispositivos conectados à internet proporcionam um ambiente de interação, buscando ao máximo a eficiência, produtividade e redução de custos (LEMI, 2018).

A automação ao longo do tempo vem melhorando e aprimorando o desempenho dos processos, de tal forma que é possível eliminar ou minimizar perdas, refugos, tempos improdutivos e processos, e colaborando para a padroniza-

ção e qualidade dos produtos. Por exemplo que um processo fabril automatizado o benefício conseguir produzir com menor custo, maior quantidade, maior qualidade, menor tempo, conseguindo assim aumentar a produtividade sem comprometer prazos, preço e qualidade (GOMES, 2016, p. 124).

Essa conexão entre máquinas em tempo real com a possibilidade da criação de redes inteligentes controlando todos os módulos de produção e de forma a prever falhas é um dos conceitos básicos da indústria 4.0. Os sistemas de automação representam grande importância na cadeia produtiva de uma indústria (ANTUNES, 2016).

Sua participação nesses processos é de extrema valia para a compreensão do processo produtivo, auxiliando e facilitando as tomadas de decisões no meio. As novas tendências tecnológicas surgidas no cenário econômico mundial, associadas a crescente competitividade e ao novo perfil de um consumidor mais exigente e bem informado, têm obrigado as empresas a buscarem novas formas de se destacarem e sobreviverem no mercado (ALMEIDA, 2019).

Constantemente, as empresas buscam alternativas para melhorar sua competitividade perante o mercado, reduzindo os custos e aumentando a produtividade de suas plantas industriais, essa gestão de competitividade tem se tornado um desafio devido aos altos custos envolvidos na produção (ALBUQUERQUE, 2019).

Diversas a essas empresas que buscam aumentar a produtividade, se destacando perante seus concorrentes e conseguindo entregar no mercado um produto de melhor qualidade, com menor custo e tempo, a automação industrial disponibiliza isso, com equipamento correto, específico e devidamente configurado para finalidade de monitorar o processo de produção, e intervir quando algo sair do padrão, diminuindo o esforço humano necessário para tal tarefa e gerando uma rentabilidade satisfatória. Ferramentas da qualidade vem sendo aplicadas com mais frequência em diversas áreas de empresas que buscam melhorar seus produtos ou até mesmo uma certificação, a tecnologia de automação auxilia e facilita a empresa no controle de qualidade rigoroso e logo sendo indispensável (ALMEIDA, 2019, p. 98).

De acordo com Silva (2012) a automação de processos aparece como uma possível solução para esses problemas, diminuindo a necessidade da mão humana no processo produtivo, além de facilitar o esforço humano e proporcionando um controle maior sobre todas as suas etapas. A automação possibilita o controle absoluto dos processos de produção, permitindo a extração de dados estatísticos e desempenho, esses dispositivos automatizados permitem que os computadores calculem e avaliem com exatidão a situação do processo.

Os desafios no desenvolvimento da automação industrial encontram-se voltados para o não abandono de trabalhadores, de modo que estes não sejam deixados à margem do mercado de trabalho e processos fabris e administrativos. Contudo, a escala da mudança na força de trabalho ao longo de décadas decorrente das tecnologias de automação tem sido demonstrada em grande magnitude similar às mudanças tecnológicas de longo prazo que afastam a mão de obra dos países. Vale ressaltar que essas mudanças não resultaram em desemprego em massa, pois foram acompanhadas pela criação de novos tipos de trabalho (FACELI, 2012).



O tempo de realização de uma determinada tarefa com rapidez e confiabilidade é característica da sociedade moderna. Neste sentido a otimização de informação, através de estudo da otimização, passa a ser um ponto de destaque entre os desafios da automação. Ainda hoje existe a incompatibilidade de interface causando transtornos para os usuários que dispõem de pouco conhecimento na área tecnológica, além de outros tipos de conseqüências de um mal projeto de interface como perdas industriais, econômicas, ecológicas e até de vidas humanas. A pesquisa na busca de otimizar a automatização entre as interfaces é percebida no momento da utilidade do equipamento de automação (ARNOLD, 2015).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto até aqui, pode-se concluir que a automação industrial tem se apresentado como uma importante ferramenta de extrema relevância para o mundo atual, os processos encontram-se cada vez mais modernos, autônomos e dinâmicos, isso favorece de modo importante o crescimento a competitividade e ganhos para as indústrias.

Este material refletiu sobre a automação industrial, abordando as principais perspectivas e desafios de tal, o permitiu inferir que as novas tendências industriais são muito inteligentes e otimizadas, além disso, correspondem a impactos pertinentes no âmbito social e econômico, gerando renda a partir do estabelecimento das máquinas, mas exige preparo humano de qualidade e por isso observou-se inúmeros desafios para sua aceitação.

Ao que corresponde a evolução da automação industrial, este material viabilizou compreender que se configura como um marco para o setor produtivo. Seu impacto foi responsável por provocar mudanças significativas capazes de revolucionar os setores industriais atingindo a cadeia de consumo, afetando os setores agregados.

Nesta produção foi possível então constatar que mesmo com todos os benefícios fomentados pela automação industrial, esta ainda enfrenta dificuldades no seu estabelecimento. Assim, pode-se perceber que o processo de evolução industrial tem se configurado de modo gradativo ligado aos principais processos presentes na sociedade, é de extrema importância diante da difusão dessa área que os profissionais estejam abertos a absorver sobre os novos panoramas a partir das revoluções da automação.

Entre os principais fatores do desenvolvimento evidenciou-se que os fatores de desenvolvimento da automação relacionam-se a ampliação da competitividade industrial, maiores desenvolvimentos das empresas, melhorias para a indústria e consumidor final, maior agilidade nos processos e assim maiores ganhos e lucratividade. No que tange as principais perspectivas e desafios no desenvolvimento da automação, identifiquei que a automação tem como perspectivas o aumento da eficiência operacional, redução de custos, flexibilização das linhas de produção, melhorias e qualidade das entregas, além de encontrar pessoal que venham aderir as às novas demandas da automação.

Ao que corresponde aos desafios é possível apontar a dificuldade em implantar a automação nas indústrias, considerando que esta é entendida como um mecanismo de

desalocação de trabalho humano, além da necessidade de investimento por parte das empresas para a qualificação de pessoas dispostas a trabalhar com essas mudanças.

Diante do exposto nesse material, foi possível inferir que a automação é de suma importância para a sociedade de modo geral, e possui perspectivas de maior alcance sobre a sociedade, seus avanços se configuram como ganhos pertinentes e necessários diante da dinamicidade vivenciada nos dias atuais. Frente ao panorama aqui encontrado e aos objetivos traçados, este material tem a intenção de se constituir como aparato científico para possíveis estudos na área da Engenharia de Controle e Automação ou ainda para estudos a respeito da automação industrial.

Os dados aqui obtidos podem colaborar com significativamente como suporte para debates futuros, além de acrescentar informações importantes para a sociedade de maneira geral. Este trabalho futuramente ainda pode ganhar novos contornos e colocações sendo alvo de novos caminhos acadêmicos, bem como novos rumos a partir do desdobramento da temática, como continuação em uma pós-graduação tendo em vista que o tema aqui abordado tem caráter contemporâneo e vale ser alvo de novas pesquisas

Referências

- ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Redes Industriais: aplicações em sistemas digitais de controle distribuído**. Editora Ensino Profissional. 2ª edição, 2019.
- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Indústria 4.0: princípios básicos, aplicabilidade e implantação na área industrial**. São Paulo, 2019.
- ARNOLD, Pauline. **A era da automação**. São Paulo, 2015.
- ANTUNES, Josiele Fernada. **Automatização aplicada**. Chapecó, 2016.
- CAMACHO, Wallace; DIAS, Cristina. **Visões da Indústria 4.0**. São Paulo, 2021.
- CAPELLI, A. **Automação industrial: controle do movimento e processos contínuos**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.
- CONCEIÇÃO, C. S. **Da revolução industrial à revolução da informação: uma análise evolucionária da industrialização da América Latina**. São Paulo, 2012.
- DIAS, B. S.; MARTIGNAGO, C. S. Automação - desenvolvimento econômico - sustentabilidade e transnacionalidade. **Revista Eletrônica Direito e Política**, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.7, n.3, 3º, p. 22, 2012.
- FACELI, Katti; et al. **Inteligência Artificial: uma abordagem de aprendizagem de máquina**. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- FONSECA, R. D.; CUNHA, S. **Indicadores de Competitividade da Indústria Brasileira. Confederação Nacional da Indústria**. Brasília, 2015.
- GOMES, J. **O Desafios Para a Indústria 4.0 no Brasil. Brasília: Confederação Nacional da Indústria**, São Paulo, 2016.
- GROOVER, Mikell P. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice, 2011.
- LEMI, M.D. **Indústria 4.0: fundamentos, perspectivas e aplicações**. São Paulo: Érica, 2018.
- LEUZENSKI, Glisson. **Automação**. Ponta Grossa, 2016.



- MARTINS, Geomar Machado. **Princípios de Automação Industrial**. São Paulo, 2012.
- MORAES, Cícero Couto; CASTRUCCI, Plínio de Ladro. **Engenharia de automação industrial**. Rio de Janeiro, 2013.
- ROSÁRIO, J. M. **Automação industrial**. São Paulo: Baraúma, 2019.
- RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. Salvador, 2018.
- SILVA, D. B.; SILVA, R. M.; GOMES, M. L. B. **O reflexo da terceira revolução industrial da sociedade**. Curitiba, 2012.
- SILVEIRA, C. O. **O Que é Indústria 4.0 e Como Ela Vai Impactar o Mundo?**. São Paulo, 2015.
- SILVEIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. **Um breve histórico conceitual da Automação Industrial e Redes para Automação Industrial. Redes para Automação Industrial**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.
- SOUSA, Rafaela. **A Segunda Revolução Industrial**. São Paulo, 2020.
- TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação: a economia da tecnologia no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2016.
- VARES, M. F. Ciborgue: **Uma concepção do corpo na arte contemporânea**. São Paulo, 2013.
- VARGAS, Flavio da Silveira. **A quarta revolução industrial do setor têxtil e de confecção: a visão de futuro para 2030**. São Paulo, 2016.
- VOLPATO, N. Manufatura Aditiva: **Tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo, 2017.
- VIEIRA, A. F. Tecnologia de Identificação por Radiofrequência: Fundamentos e aplicações em automação de bibliotecas. **Revista Eletronica Biblioteconomia**.v, n. 24, p. 182-202, Florianópolis, 2017.

CAPÍTULO 29

ESTUDO TEÓRICO SOBRE OS DESAFIOS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NAS EMPRESAS

*THEORETICAL STUDY ON THE CHALLENGES OF INDUSTRIAL
AUTOMATION IN COMPANIES*

Frederico Aguiar Silva¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo discutir sobre os desafios da automação industrial nas empresas. O processo de automatização vem aumentando gradualmente, sendo propício o ganho da quantidade e qualidade da produção, além de oferecer melhorias no preço para consumidor. Engloba-se tarefas distintas juntamente com a elaboração de projetos, gerenciamento no setor administrativo e a produção. Seus processos são vistos como importante regresso para o firmamento da modernização do parque industrial brasileiro. O objetivo geral do trabalho é discutir sobre os desafios da automação industrial nas empresas, de tal forma a mostrar sua importância e conhecimento de tal assunto, onde a temática é investigada por meio de pesquisa bibliográfica. O trabalho foi elaborado por meio de pesquisas bibliográficas, através de artigos, teses, dissertações, livros, documentos digitais, buscadas em plataforma online de reconhecimento acadêmico. É notório que a automação industrial abriu as portas para conquistar a sociedade, percebe-se isso nos serviços operacionalizados pela automação. A automação é função marcante da modernidade e competitividade das indústrias. Seu desenvolvimento é fundamentado na necessidade em se produzir com velocidade e qualidade, reduzindo erros e custos. Obviamente, isso traz consigo problemas e desafios sociais, tecnológicos, econômicos e organizacionais.

Palavras-chave: Automação Industrial, Desafios da Automação Industrial, Surgimento da Automação.

Abstract

The present work aims to discuss the challenges of industrial automation in companies. The automation process has been gradually increasing, leading to gains in production quantity and quality, in addition to offering price improvements for the consumer. It encompasses different tasks along with the elaboration of projects, management in the administrative sector and production. Its processes are seen as an important return to the establishment of the modernization of the Brazilian industrial park. The general objective of the work is to discuss the challenges of industrial automation in companies, in such a way as to show its importance and knowledge of this subject, where the theme is investigated through bibliographic research. The work was elaborated through bibliographical research, through articles, theses, dissertations, books, digital documents, searched in an online platform of academic recognition. It is clear that industrial automation has opened the doors to conquer society, this can be seen in the services operated by automation. Automation is an outstanding function of the modernity and competitiveness of industries. Its development is based on the need to produce with speed and quality, reducing errors and costs. Of course, this brings with it social, technological, economic and organizational problems and challenges.

Keywords: Industrial Automation, Challenges of Industrial Automation, Emergence of Automation.

1. INTRODUÇÃO

A automação industrial consiste em manipular os processos na indústria por meios mecânicos e automáticos, substituindo o trabalho humano por equipamentos.

O processo de automatização vem aumentando gradualmente, sendo propício o ganho da quantidade e qualidade da produção, além de oferecer melhorias no preço para consumidor. Engloba-se tarefas distintas juntamente com a elaboração de projetos, gerenciamento no setor administrativo e a produção. Seus processos são vistos como importante regresso para o firmamento da modernização do parque industrial brasileiro.

A área da automação industrial possui o poder de transmitir seu dinamismo tecnológico para empresas, com o objetivo de aumentar a produtividade da economia como um todo. A aquisição de máquinas e equipamentos conforme o IBGE (2003), é de 50% das inovações ocasionadas na indústria brasileira, caracterizando o setor de bens de capital como principal agente difusor de tecnologia. Considera-se a relevância do tema abordado por este trabalho, onde tem como problema de pesquisa: Quais são os desafios que a automação industrial enfrenta dentro das empresas?

O objetivo geral deste trabalho é discutir sobre os desafios da automação industrial nas empresas, de tal forma a mostrar sua importância e conhecimento de tal assunto, onde a temática é investigada por meio de pesquisa bibliográfica. Já como objetivos específicos deste trabalho destacam-se: discutir sobre a evolução da tecnologia de automação industrial e características econômicas; compreender as perspectivas da automação industrial e o último objetivo específico é descrever sobre os maiores desafios da automação.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, Scielo, TEIXEIRA, 2016, BORSCHIVER, 2015). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 7 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: automação industrial; desafios da automação industrial; surgimento da automação.

2. TECNOLOGIA DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

De acordo com Roggia (2016), o desenvolvimento industrial mostra grandes períodos de tempo na história. Desde os primórdios o homem vem estudando sobre mecanismo e invenções com o objetivo de minimizar o esforço físico e ajudar na realização de atividades. Pode-se citar a roda para movimentação de cargas e os moinhos movidos por vento ou força animal, (ROGGIA, 2016).

Todavia, a automação industrial abriu as portas para sua conquista na sociedade no século XVIII, com o início da Revolução Industrial, originada na Inglaterra. Houve uma



evolução no modo de produção, o homem passou a produzir mercadorias em maior escala, (ROGGIA, 2016).

Várias inovações tecnológicas se desenvolveram nesse período como as máquinas modernas, que produziam com grande precisão e rapidez em comparação ao manual e novas fontes energéticas, o vapor, substituindo a energia hidráulica.

Para Roggia (2016), o primeiro controlador automático com realimentação usado em um processo industrial é geralmente aceito como o regulador de esferas de James Watt, desenvolvido em 1769 para controlar a velocidade de um motor a vapor. O dispositivo mostrado na Figura 1 mede a velocidade do eixo de saída e utiliza o movimento das esferas para controlar a quantidade de vapor que entra no motor através de uma válvula. O eixo de saída do motor a vapor é conectado por meio de ligações mecânicas e engrenagens cônicas ao eixo do regulador, (ROGGIA, 2016).

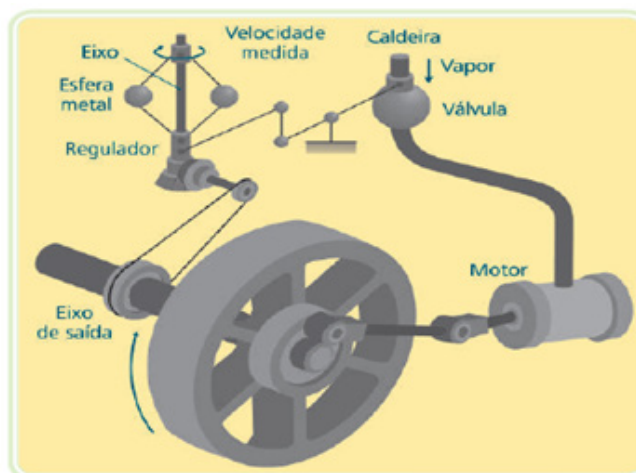


Figura 1 - Regulador de fluxo de vapor de Watt
Fonte: Roggia (2016)

À medida que a velocidade do eixo de saída do motor a vapor aumenta, os pesos esféricos se elevam e, através de ligações mecânicas, a válvula de vapor se fecha, como mostra a Figura 2, e o motor desacelera. O processo inverso ocorre quando a velocidade do eixo de saída do motor a vapor diminui, (ROGGIA, 2016).

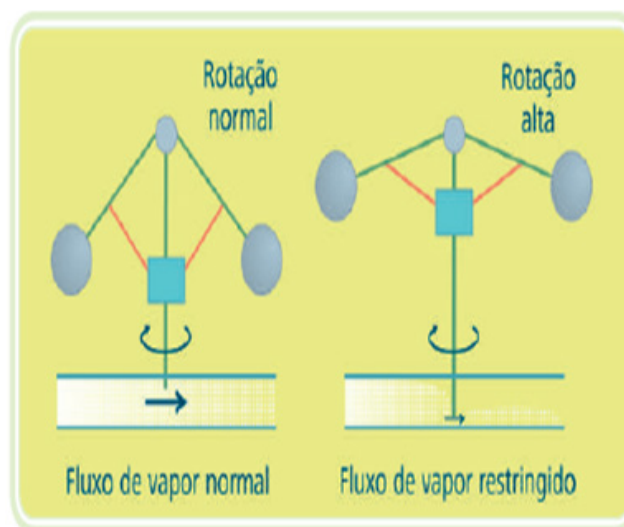


Figura 2 - Mecanismo de regulação do fluxo de vapor
Fonte: Roggia (2016)

No século XIX, a energia elétrica precisou ser usada e a impulsionar indústrias como a do aço e a química. Processos novos sobre a produção da matéria aço, que aumentam a sua resistência e permitem a sua produção em escala industrial, foram criados. O setor de comunicações passou por avanços significativos com as invenções do telégrafo e do telefone. O setor de transportes também progrediu com a expansão das estradas de ferro, locomotivas a vapor e o crescimento da indústria naval. Outra importante invenção, o motor à explosão, também ocorreu neste período.

No século XX, computadores, servomecanismos e controladores programáveis foram incluídos na automação. Para ser ter os computadores usados de hoje, vários avanços foram sendo exercitados no decorrer do tempo. Durante este período, George Boole desenvolveu a álgebra booleana (assunto abordado na Aula 4), que apresenta os princípios binários, os quais são aplicados nas operações internas de computadores. Os computadores constituem a base de toda a tecnologia da automação contemporânea e exemplos de sua aplicação estão presentes em praticamente todas as áreas do conhecimento, (ROGGIA, 2016).

A vinda de empresas estrangeiras foi um fator que contribuiu para o desenvolvimento da automação das empresas brasileiras, trazendo consigo experiências e práticas inovadoras. Desse modo, a automação tomou conta do parque industrial brasileiro. E, no ano de 2000, pela primeira vez, o Brasil apareceu nas estatísticas internacionais, (TEIXEIRA, 2016).

Um sistema automatizado pode contribuir de diversas maneiras para o aumento da competitividade. Dentre elas, podemos ressaltar: o aumento da qualidade do produto, devido a precisão das máquinas; a redução de custos de estoque, e menor tempo gasto nos projetos e fabricações de novos produtos com a utilização de máquinas aptas a desempenhar diferentes operações, (TEIXEIRA, 2016).

O atual desenvolvimento da tecnologia e, em termos mais específicos, da automação, levou ao surgimento de novas técnicas de implementações de funcionalidades de forma a aperfeiçoar a produção industrial, a operação de equipamentos, construção de dispositivos simples e baratos em larga escala e, em último caso, fornecer um benefício ao usuário final, (NEVES, 2007).

2.1 Características Econômicas Da Automação

Conforme Borschiver (2015), a automação industrial é um ramo que é diretamente prejudicado pelo ritmo de crescimento da economia. Em tempos de recessão, o setor é o primeiro a sofrer influências, pois as dúvidas quanto ao futuro, diminuem novos investimentos que não sejam básicos para as operações produtivas. Em contrapartida, em tempos de crescimento econômico, essa área é fortemente alavancada por setores que aumentam a demanda e conseqüente necessidade de expansão da produção. Os investimentos em automação são vistos, portanto, como um termômetro das expectativas dos agentes econômicos.

Além do desempenho do Produto Interno Bruto, o setor de automação é permanen-



temente estimulado pelo acirramento do processo competitivo e a necessidade de buscar novas rotas para o desenvolvimento industrial (a exemplo de tecnologias mais limpas) que proporcionam estímulos à inovação. Em países industrializados, a automação é incorporada com o objetivo de melhora da qualidade do produto, aumento da segurança do processo, redução de emissões de gases poluentes e uso eficiente dos recursos. Por outro lado, empresas de países em desenvolvimento são motivadas principalmente pela possibilidade de aumento no volume de produção, apesar de aspectos relacionados à qualidade e ao meio ambiente estarem ganhando importância, (JAMSA-JOUNELA, 2007).

A eletrônica digital vem transformando as estratégias competitivas das empresas de automação no sentido de mudar o foco da produção de equipamentos para a oferta de um mix de sistemas e serviços dos quais os equipamentos são apenas um dos componentes. O aumento da participação dos serviços na composição da oferta de sistemas de automação industrial deriva de dois fatores principais. Primeiro, os projetos de modernização geralmente apresentam necessidades específicas de adaptação dos novos recursos baseados em tecnologias digitais aos sistemas legados, normalmente baseados em tecnologias antigas, como pneumáticas e analógicas. O foco em serviços também advém da queda das margens obtidas com a venda de hardware. Outra característica do setor é a crescente terceirização de serviços por parte dos usuários, diante do aumento da sofisticação tecnológica e necessidade de novas capacitações para projetar, implementar e manter os sistemas de automação, (BORSCHIVER, 2015).

As fábricas estão se tornando altamente reconfiguráveis e flexíveis visando uma adaptação às mudanças tecnológicas e inovações em produtos cada vez mais frequentes. A reconfiguração bem-sucedida de uma linha de produção requer acesso direto aos seus elementos de controle como válvulas, motores, portas lógicas e mecanismos de precisão. A visão típica da fábrica do futuro é de plantas totalmente automatizadas, contando com robôs inteligentes, capazes de atender rapidamente a uma ampla gama de clientes online demandando produtos customizados. O desenvolvimento das tecnologias da informação e da comunicação (TIC) dão suporte a este modelo: muitos sensores, redes sem fio em banda larga, softwares de diagnósticos de alta qualidade e interfaces flexíveis, permitem o controle centralizado de operações dispersas e acesso a mecanismos hierárquicos e automáticos de tomada de decisão e correção de erros (ABINEE, 2009). Da mesma forma, permitem a integração dos equipamentos de automação da manufatura tornando-os mais flexíveis e sincronizados, (BORSCHIVER, 2015).

3. PERSPECTIVAS DA AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A otimização do processo de automação requer-se de questionamentos metodológicos que privilegiem a interdisciplinaridade e a integração, definindo particularmente uma política científica geral e de automação, garantindo os meios de sustentá-la e promovendo a habilidade de profissionais com capacidade de visão para identificar as ligações de fatos particulares do sistema como um todo, (TEIXEIRA, 2016).

Tendo como base a modernidade, no Brasil, a automação industrial ainda está se estabelecendo. É necessário haver uma reestruturação buscando uma economia completamente moderna, que apresente uma produção de interesse, sendo ela uma produção

industrial sustentada, com elevado índice de competitividade até mesmo internacional e baseada no uso da informação e conhecimento eficiente, (TEIXEIRA, 2016).

Um processo de automação para ser considerado bem sucedido, precisa trazer melhor controle da grande quantidade de informação que circula, e a melhor forma disso se concretizar, é utilizando uma rede industrial. Desse modo, obtém-se o controle dos processos, diminuindo as perdas de tempo e matéria prima, além da margem de erro no seu processamento ser bastante reduzida, (TEIXEIRA, 2016).

A figura 3 mostra a pirâmide de automação industrial com seus devidos níveis.



Figura 3 - Pirâmide de automação industrial
Fonte: Roggia (2016)

A figura 3 apresenta os níveis da automação nas indústrias.

- **Nível 5:** Planejamento Estratégico, controle sobre vendas e custos: Administração de recursos da empresa. Neste nível encontram-se os softwares para gestão de vendas e financeira.
- **Nível 4:** Controle fabril total, produção e programação: Nível responsável pela programação e pelo planejamento da produção, realizando o controle e a logística de suprimentos.
- **Nível 3:** Controle de grupos, gerenciamento e otimização do processo: Permite a supervisão do processo, normalmente possui banco de dados com informações relativas ao processo.
- **Nível 2:** Controle individual: Nível onde se encontram os equipamentos que executam o controle automático das atividades da planta.
- **Nível 1:** Aquisição de dados e controle manual: Nível de máquinas, dispositivos e componentes da planta.

A automação está diretamente ligada com a modernização e presente no dia-a-dia modelando o comportamento da sociedade, além de ser um marco de grande importância para o setor produtivo, (TEIXEIRA, 2016).

Teve seu desenvolvimento quando as empresas passaram a buscar técnicas que con-

tribuísssem para suas competitividades, provocando melhorias tanto para o meio industrial como para o consumidor, o qual passou a receber produtos com qualidade, de menor custo, durabilidade, e outros, (TEIXEIRA, 2016).

A automação não está só na necessidade de melhorias na produção, como também ao atendimento das demandas cada vez maiores do mercado que se baseia em padrões de qualidade para obtenção dos produtos. Com seu surgimento, vieram também os desafios relacionados a diversos problemas sociais, tecnológicos, econômicos e organizacionais, (TEIXEIRA, 2016).

Os problemas enfrentados se dão, principalmente, pelo avanço tecnológico decorrente, causando diversos transtornos sociais, ambientais, financeiros, entre outros. O anseio pela participação na "era digital" tem sido grande. É cada vez mais fácil de encontrar pessoas na busca por aparelhos multifuncionais, que tragam praticidade, conforto e rapidez, (TEIXEIRA, 2016).

Padrões: a padronização é um facilitador de processos. O profissional, na execução diária de suas funções, determina padrões de repetição que agilizam e facilitam a realização de determinado trabalho. Em máquinas, há uma similaridade, entretanto, o grau de dificuldade é maior. A área de processamento digital de imagens tem crescido com qualidade no reconhecimento de padrões, no entanto, ainda está distante da perfeição desejada, (PEREIRA, 2009).

Gerenciamento: gerenciar informações em tempo real é um desafio constante em muitas áreas industriais, inclusive na automação. A tecnologia da informação - TI altera de maneira significativa a estrutura hierárquica industrial, em todos os níveis de processo. Implementar ferramentas de gerenciamento em tempo real e capacitar os diversos níveis na utilização dessas é um grande desafio para a automação industrial. É importante, no processo de gerenciamento, que ambas as partes envolvidas estejam alinhadas na utilização dos recursos tecnológicos, atingindo assim plena eficiência no procedimento, (NEVES, 2007).

Impacto social: a maior dificuldade no âmbito social é a extinção das funções primárias. Em geral, essas são funções executadas por mão-de-obra humana e, quando substituídas por máquinas, afetam gradativamente as vidas econômicas e sociais dos envolvidos. Normalmente, os colaboradores acabam desligados por não serem qualificados à modernização. Dessa forma, percebe-se que o Brasil enfrenta grande desafio em relação aos impactos sociais. Segundo Souza (2000) a falta de políticas de tratamento adequado, que atuam na fonte educacional, prejudicam o desenvolvimento industrial, a automação e o desenvolvimento técnico dos envolvidos. Assim, tem-se no desinteresse governamental um grande inimigo para o desenvolvimento.

Impacto ambiental: Azevedo (2004) afirma que, no quesito ambiental, o inter-relacionamento entre automação e meio ambiente é cada vez maior, fomentando a responsabilidade socioambiental dos envolvidos. Dos processos mais simples aos mais completos, faz-se extremamente necessário a conscientização, controle e cuidado com o meio ambiente. Além da ABNT NBR ISO 14000 (2015), responsável pela normalização ambiental, Inatomi (2000) aponta a necessidade de um conselho específico que atue como uma ponte entre os interesses industriais e ambientais.

Perspectivas: espera-se, a fim de otimizar os processos de automação, um maior questionamento metodológico sobre a interdisciplinaridade e a integração dos campos científicos. Há, no processo de desenvolvimento tecnológico, grande necessidade que as áreas se envolvam na pesquisa e experimentação de novas tecnologias de automatização. Pesquisadores de diversas áreas devem trabalhar em conjunto para a aplicação da automação, seja industrial, residencial ou nos campos da saúde, de forma a estabelecer conceitos técnicos e ambientais para a produção dessas tecnologias. Além disso, é importante que o interesse governamental se amplie, garantindo investimento nos campos de pesquisa, (TEIXEIRA, 2016).

A automação é função marcante da modernidade e competitividade das indústrias. Seu desenvolvimento é fundamentado na necessidade em se produzir com velocidade e qualidade, reduzindo erros e custos. Obviamente, isso traz consigo problemas e desafios sociais, tecnológicos, econômicos e organizacionais.

Percebe-se a relação direta com avanço tecnológico, confiabilidade e segurança. Outro ponto importante é a qualificação profissional, muitas vezes escassa no setor industrial automatizado. Profissionais gerenciais capazes de utilizar os sistemas automatizados são, no geral, escassos e representam alto custo para as empresas. O investimento em campos de pesquisa interdisciplinar apresenta-se nos desafios abordados, sendo este um alçoz da evolução tecnológica da automação industrial.

Destacam-se, ainda, os impactos sociais e ambientais. O primeiro, muitas vezes relacionado à falta de qualificação, a substituição de mão e obra humana e aos métodos de tratamento adequados aplicados e gerenciados pelos governantes. Já no impacto ambiental, evidencia-se a preocupação com as possíveis agressões ambientais fomentadas pela automatização. Neste ponto, enxerga-se a necessidade de um órgão que possa mediar os interesses, permitindo a correta preservação ambiental, sem atrasar o desenvolvimento industrial.

Assim, evidencia-se a necessidade de ações que atuem diretamente nos pontos aqui abordados, visando o pleno desenvolvimento do setor industrial e científico, sem agredir o setor ambiental e social.

Devido à grande concorrência do mercado, as empresas procuram a melhoria contínua em seus processos, buscando aderir a robótica em linhas de produção.

Segundo Correia (2018), a introdução de robôs industriais alavancou o mercado robótico nos últimos anos e a tendência é que o crescimento perdure por muito tempo ainda, segundo dados da IFR (2016) estima-se que até o ano de 2019 aproximadamente 1,4 milhões de novos robôs serão instalados nas mais diversas indústrias pelo mundo.

A evolução da robótica é uma realidade constante, mas é evidente que no Brasil há um atraso ao compararmos aos demais países, que são potências mundiais.

Segundo Época Negócios (2017), dados da Federação Internacional de Robótica, (IFR, na sigla em inglês) na Coreia do Sul os números de robôs para cada 10 mil operários ultrapassam a 500 no geral, nos países como Cingapura, Japão e Alemanha a média é superior a 300 para cada 10 mil operários, na China os números equivalem a mais de

40, com a previsão de que até 2025 cheguem a margem de 150. No Brasil a avaliação é de que há 10 robôs para cada 10 mil operários (FENERICK, 2020).

Valor econômico (2019) relata que os números de robôs instalados no Brasil, equivalem a 0,6% dos instalados no mundo. Em comparação a outros países, dados fornecidos pela Federação Internacional de Robótica (IFR na sigla em inglês), a Ásia lidera com a China, Japão e Coreia. A figura 4 mostra a comparação internacional do estoque de robôs.

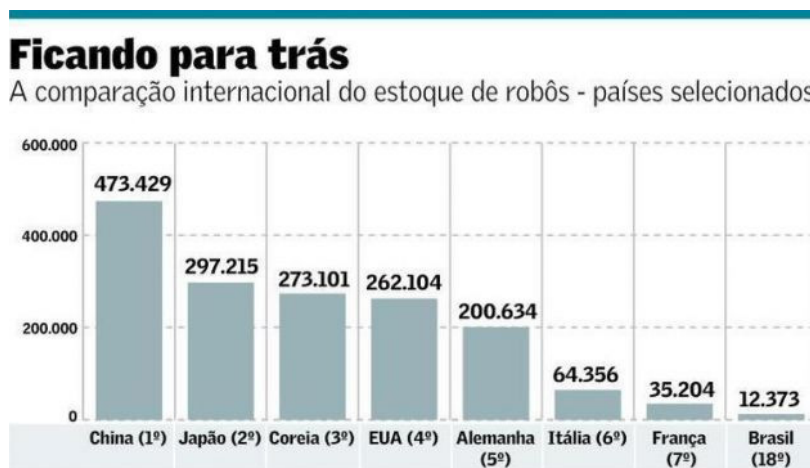


Figura 4 - Comparação internacional do estoque de robôs - países selecionados
Fonte: Roggia (2016)

A figura 4, demonstra a posição de cada país, em comparação aos estoques e a distribuição dos robôs em cada setor na economia brasileira.

3.1 Os maiores desafios da automação

De acordo com Neves (2007), o papel da automação é mudado fortemente na medida em que novos problemas surgem. Os componentes de um sistema de automação evoluíram com o passar dos anos até os sistemas baseados nas tecnologias atuais como a microeletrônica. O setor de atuação da automação foi alargado, rompendo os limites do ambiente de chão de fábrica, na medida em que novos tipos de processos surgiram.

A automação tem muitos desafios, pode-se citar os mais pertinentes que são: formação técnica dos profissionais, segurança e confiabilidade, otimização de informações, sistemas de automação residencial e na área da medicina.

3.1.1 Formação técnica de profissionais proporcionada pela automação

Para Deitos (2006), o conceito de tecnologia é o conjunto de conhecimentos que permitem conceber, produzir e distribuir bens e serviços. É encontrado fatores bem relevantes à formação técnica de profissionais e educação da sociedade quanto à evolução tecnológica proporcionada pela automação.

O trabalhador para permanecer inserido no mercado de trabalho precisa de características profissionais intrínsecas, como: capacidade de aprendizado constante, criatividade, liderança, dentre outras. Com isso, a necessidade de um maior aprimoramento desta mão-de-obra para a sua atuação no mercado de trabalho faz-se necessário. O aprimoramento da mão-de-obra deve começar no âmbito da formação da base necessária para realizar maior preparação para o mercado de trabalho, fazendo com que os estudantes de ensino fundamental e médio tenham desde o início um preparo para os impactos que a automação futuramente trará as suas vidas, (DEITOS, 2006).

3.1.2 Segurança e confiabilidade em sistemas críticos

Em sistemas críticos é essencial a busca por falhas que podem ocorrer e suas devidas soluções no momento da ocorrência ou em tempo real. Não obstante disso, está a realização de redundância para todas as tarefas que o sistema irá realizar. Isto caracteriza um Sistema de Tempo Real que pode ser classificado em função das consequências oriundas de uma falha no cumprimento dos limites de tempo especificados. É importante ressaltar que apesar da velocidade de execução frequentemente ajudar na construção de um eficiente Sistema de Tempo Real Crítico, este tipo de sistema não deve necessariamente ser associado à velocidade (tempos de resposta reduzidos). A ordem de grandeza do tempo de resposta necessário para o sistema está diretamente relacionada com o tipo de equipamento, processo ou sistema a ser controlado, (CABRAL, 1999).

Além do escalonamento de tarefas, outro campo de interesse, a fim de se garantir a confiabilidade de um Sistema de Tempo Real Crítico, é a tolerância à falhas. Uma alta confiabilidade somente pode ser atingida com um alto grau de tolerância à falhas. O sistema deve ser capaz de tolerar determinados tipos de falhas e ainda concluir uma operação com sucesso. Isto pode ser atingido usando redundância de hardware e/ou software, escalonamento tolerante a falhas e estratégias de recuperação.

3.1.3 Otimização de informações interface homem máquina apropriada

O tempo de realização de uma determinada tarefa com rapidez e confiabilidade é característica da sociedade moderna. Neste sentido a otimização de informação, através de estudo da otimização, passa a ser um ponto de destaque entre os desafios da automação. Ainda hoje existe a incompatibilidade de interface causando transtornos para os usuários que dispõem de pouco conhecimento na área tecnológica, além de outros tipos de consequências de um mal projeto de interface como perdas industriais, econômicas, ecológicas e até de vidas humanas. A pesquisa na busca de otimizar a automatização entre as interfaces é percebida no momento da utilidade do equipamento de automação.

As empresas de grande reconhecimento no mercado de Hardware atuam na compatibilidade de interfaces. Isso facilita para o mercado, pois o usuário pode escolher com segurança e confiabilidade de interfaces compatíveis. Porém, neste artigo, busca-se uma maneira de otimizar as informações sem a interferência de hardware ou software. Neste



sentido, há necessidade de estabelecer um critério de detectar como estabelecer a otimização das informações.

3.1.4 Reconhecimento de padrões

A busca pelo critério de reconhecimento de determinado padrão é um desafio da atualidade. O homem identifica objetos e qualifica a sua ordem através de comparações, porém, a automação das máquinas para realizar este trabalho de identificar tarefas inerentes ao reconhecimento de padrões é bem mais difícil. Os grupos de pesquisa na área de processamento digital de imagens e reconhecimento de padrões estão caminhando para a sua perfeição com uma boa qualidade. Para isso, é necessário um estudo interdisciplinar das ciências co-relacionadas. Neste sentido, o processamento digital de imagens é uma ferramenta que auxilia através da aquisição, digitalização e quantificação de uma imagem.

A pesquisa diária por métodos e algoritmos que façam o reconhecimento de padrões ser mais bem desempenhado é o estado da arte do momento. Na medicina a contribuição está sendo de grande relevância, conseguindo identificar algum tipo de doença e garantindo a sua prevenção ou tratamento. Além disso, o trato com identificador de padrões também está evitando o desmatamento de áreas verdes, de vital importância para a humanidade. Isso caracteriza que o estudo para futuras décadas nesta área de reconhecimento de padrões estará diretamente ligado com a Engenharia.

Para ter-se um objeto reconhecido considerando padrões possíveis, a necessidade das ferramentas estatísticas é essencial. Neste contexto, o desafio está em estimar com máxima veracidade possível. Quando se trata de estimar, o reconhecimento ideal perde parte de suas propriedades, já que é necessário um classificador ótimo para garantir que o padrão está bem definido. Na atualidade os classificadores utilizados precisam de critério para a sua classificação ideal e os estimadores usados segundo a teoria da decisão Estatística são: estimadores por máxima verossimilhança e os estimadores Bayesianos. Há muito que se pesquisar sobre o assunto e os artigos nestas linhas têm mostrado grandes melhorias nos estimadores existentes, quando considerados reconhecimento de padrões supervisionados. Mas, e quando não são supervisionadas, as classes mudam e o problema aumenta seu grau de complexidade. Neste caminho, o reconhecimento de padrões para a automação ainda é uma estrada sem rumo. Isso deixa a Engenharia e os seus especialistas, pesquisadores e curiosos, a ter o seguinte pensamento "será que existe um padrão ideal possível". Resposta que só tempo dará, (PEREIRA, 2001).

3.1.5 Identificação de falhas em sistemas de automação

Junto ao tema proposto acima está à identificação de falhas em sistema de automação que pode ser resolvido com um classificador de defeitos, possibilitando possíveis projetos para identificar as grandes falhas em sistemas. Claro que a necessidade de implementar um outro elemento que identifique as possíveis falhas de determinado equipamento está intimamente ligada ao bom desempenho do reconhecimento de padrões. O problema está

em estimar uma máquina “inteligente” para informar quando ocorrer defeitos através dos padrões construídos com especialistas. Com isso, poderíamos resolver o problema das falhas de sistema de automação com uma boa ferramenta de reconhecimento de padrões.

3.1.6 Sistemas de automação residencial

Ao se falar em automação residencial, vários são os indicadores de muitas perspectivas de crescimento. O conceito de casa/escritório automatizado evoluiu bastante e hoje já não é mais visto com uma noção futurística e sim como uma opção de conforto, bem estar e qualidade de vida ao permitir o controle da residência remotamente, economia de tempo e esforço com tarefas repetitivas e interação com usuários à distância. A própria evolução tecnológica contribuiu muito para que ideias que antes eram vistas como impraticáveis pudessem ser implementadas e hoje se vê muitos projetos ousados de automação residencial integrando vários dispositivos como computadores, celulares e a TV Digital. Os avanços tecnológicos na área de microeletrônica baratearam os custos dos dispositivos, tornando fácil a disponibilidade de processadores, microcontroladores de tamanho reduzido, baixo consumo, bem como barramentos eficientes para melhoria de comunicação.

A evolução da automação residencial passa atualmente por um período de migração de toda a tecnologia desenvolvida ao longo das décadas em automação predial e industrial, adequando-se a infra-estrutura de uma residência. Dentre as funcionalidades a serem desenvolvidas e implementadas pelos sistemas de automação residencial pode-se destacar o gerenciamento, monitoramento e otimização do consumo de energia; conforto térmico através do controle HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning); controle de iluminação, controle de acesso, monitoramento e segurança física de dispositivos; dispositivos de manutenção inteligente, entre outros, (ARAUJO E PEREIRA, 2003).

3.1.7 Aplicações na área de medicina

Na área de medicina, a automação encontra vários obstáculos no Brasil, ao contrário do que ocorre com os países desenvolvidos europeus, Estados Unidos e alguns países do oriente como a Coreia do Sul. Exemplos visíveis para esta realidade podem ser citados, como a falta de interação entre Universidade e Empresa para esta linha de pesquisa, que possui poucas publicações de artigos, pesquisas e verbas de P&D. Dentro desta realidade pode-se detectar que um dos principais problemas é a falta de investimento em mão de obra especializada na área, visto que a automação na área de medicina enfrenta uma realidade no Brasil que já foi superada nos países europeus. Devido ao investimento na área de hardware e componentes ser dispendioso, adotou-se no Brasil que a automação nestas áreas limita-se à compra de equipamentos e montagem de laboratórios, visto que em países como a Suécia investe-se no profissional de desenvolvimento de hardware, para que, existindo a necessidade “final” de uma implementação física, busque-se design - houses norte-americanas, chinesas e etc. (OLIVEIRA, 2004).

Dadas as devidas diferenças culturais, encontra-se um escopo de pesquisas dentro da automação na área de medicina muito promissor para o futuro, tendo sua interligação



com outras áreas afins, como processamento digital de imagens, arquitetura em hardware e outras. Tendo nesta linha uma melhor consistência de investimentos bem empregados, há uma maior probabilidade de sucesso e crescimento não só intelectual, mas também crescimentos significativos a cunho social.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É notório que a automação industrial abriu as portas para conquistar a sociedade, percebe-se isso nos serviços operacionalizados pela automação. A automação é função marcante da modernidade e competitividade das indústrias. Seu desenvolvimento é fundamentado na necessidade em se produzir com velocidade e qualidade, reduzindo erros e custos. Obviamente, isso traz consigo problemas e desafios sociais, tecnológicos, econômicos e organizacionais.

As empresas fornecedoras de equipamentos e sistemas precisam inovar continuamente para atender de forma global seus clientes sem esquecer das necessidades de customização e serviços avançados. Para tanto, é preciso recorrer à parcerias de forma que agregue valor e novos conhecimentos.

Em contra partida o setor da automação industrial é um ramo que é diretamente prejudicado pelo ritmo de crescimento da economia. Em tempos de recessão, o setor é o primeiro a sofrer influências, pois as dúvidas quanto ao futuro, diminuem novos investimentos que não sejam básicos para as operações produtivas. Por outro lado, em tempos de crescimento econômico, essa área é fortemente alavancada por setores que aumentam a demanda e conseqüente necessidade de expansão da produção. Os investimentos em automação são vistos, portanto, como um termômetro das expectativas dos agentes econômicos.

Percebe-se que a tecnologia é o conjunto de conhecimentos que permitem conceber, produzir e distribuir bens e serviços. É encontrado fatores bem relevantes à formação técnica de profissionais e educação da sociedade quanto à evolução tecnológica proporcionada pela automação industrial.

Referências

- ARAUJO, J.J.; PEREIRA, C. E. **Framework Orientado a Objetos para o Desenvolvimento de Aplicações de Automação Predial e Residencial**. Instituto de Informática. UFRGS, 2003.
- AZEVEDO, A. A. **Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no cerrado e suas inter-relações com recursos hídricos na região do pantanal**. 98f. 2004. Dissertação (Mestrado) – GEO, Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, Mato Grosso, 2004.
- BORSCHIVER, Suzana. **Inovação e difusão tecnológica em automação industrial**. 2015.
- CABRAL, T.A. **Tolerância a falhas em sistemas de tempo real crítico**. III Wola – Workshop Interno do LASIB. UFBA, 1999.
- CORREIA, Vitor Costa Antonelli. **Um estudo sobre o impacto da robótica colaborativa na produtivi-**

dade em tarefas manuais. São Paulo. 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/g/Downloads/Correia_Vitor_tcc%20(1).pdf > Acesso em: 21 de abril. 2022.

DEITOS, M. L. M. de S. **As políticas públicas de qualificação de trabalhadores e suas relações com a inovação tecnológica na Indústria Brasileira.** Dissertação de Mestrado. UNICAMP, 2006.

FENERICK, Jessica Aparecida; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A Evolução das Indústrias, os Benefícios da Automação e as Perspectivas do Mercado da Robótica no Brasil e no Mundo. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 734-745, 2020.

NEVES, Cleonor et al. **Os dez maiores desafios da automação industrial:** As perspectivas para o futuro. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. 2007.

NEVES, C.; DUARTE, L.; VIANA, N.; LUCENA Jr, V. F. **Os dez maiores desafios da automação industrial:** as perspectivas para o futuro. Anais [...]. In: II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2007, João Pessoa - PB.

OLIVEIRA, J. P. A **cadeia produtiva do setor de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos no Brasil e a formação de clusters.** USP, 2004.

PEREIRA, J. R. G. **Misturas finitas de densidades com aplicações estatísticas de padrões.** 96f. 2009. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

ROGGIA, Leandro; FUENTES, Rodrigo Cardozo. **Automação industrial.** Santa Maria: E-tec Brasil, 2016.

TEIXEIRA, Ana Flávia Serpa; VISOTO, Nyanne Antunes Ribeiro; PAULISTA, Paulo Henrique. Automação industrial: Seus desafios e perspectivas. **Revista Científic@ Universitas**, v. 3, n. 2, 2016.



CAPÍTULO 30

AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL COM IOT

HOME AUTOMATION WITH IOT

Paulo Ricardo da Conceição¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O sentimento de estar seguro sempre foi uma questão bastante debatida, diante mais com o aumento da criminalidade no Brasil que a cada ano que se passa o número de violência se agrava, sobre essa questão foi elaborada uma revisão literária neste trabalho com o intuito de apresentar soluções de fácil acesso no âmbito de custo benefício, acessibilidade, comodidade e segurança por se trata de uma plataforma que veio para direcionar os indivíduos que existem outros meios para a segurança residencial, sem ao menos estar gastando altos valores com sistema de segurança de ponta, plataforma essa que se denomina de Arduino, nesse trabalho será apresentado o microcontrolador Arduino e os seus respectivos protocolos de comunicação, como o IoT funcionar na teoria e será demonstrado a sua comunicação com os sensores, e por fim serão apresentados alguns sensores que são utilizados para a segurança da residência, sensores esses que são uma pequena parcela do que existe.

Palavras-chave: IoT, Segurança Residencial, Criminalidade, Sensores Arduino, Plataforma Arduino.

Abstract

The feeling of being safe has always been a much debated issue, given the increase in crime in Brazil that with each passing year the number of violence gets worse, on this issue a literary review was elaborated in this work in order to present easy access solutions in the scope of cost benefit, accessibility and convenience because it is a platform that came to direct individuals that there are other means for residential security, without at least spending high values with a cutting-edge security system, a platform that what is called Arduino, this work will present the Arduino microcontroller and their respective communication protocols, how the IoT works in theory, its communication with the sensors will be demonstrated, and finally some sensors that are used for security residence sensors will be presented that are a small portion of what there is..

Keywords: IoT. Home security. Criminality. Sensors Arduino. Platform Arduino.



1. INTRODUÇÃO

A automação surgiu com os sistemas industriais que se expandiu para além destas juntamente com ela veio o IOT (Internet of Things) que vem sendo agregado a ela ao longo do tempo com o objetivo de proporcionar uma otimização na produção e um gerenciamento mais detalhado sobre a fábrica através de “feedbacks” gerado dela e seus respectivos protocolos de comunicação que por sua vez demandam de um hardware robusto para a sua execução. Só que na automação voltada para residências quando se refere hardware ela é menos robusta comparado as fabricas de produção motivado pelo ambiente que estará menos propenso a variações bruscas consequentemente tornado o sistema mais acessível por conta do seu valor sendo assim viável a integração a residências voltada para a segurança e comodidade.

As pessoas buscam a automação para torna a sua residência mais segura só que devido aos seus altos custos que vem agregado, as pessoas não a possuem, mais com o avanço da tecnologia surgiu o microcontrolador arduino em 2005 que é de fácil acesso e baixo custo com o intuito de conseguir agrupar e estabelecer comunicação entre diversos dispositivos com uma enorme praticidade, juntamente com ela pode ser integrado à rede ethernet que surgiu em 1999. Neste trabalho científico iremos abordar e analisar de que forma a automação pode ser introduzida na segurança residencial juntamente com o IOT?

O foco primário deste trabalho é demonstrar como a integração das plataformas IOT e arduino podem melhorar na administração de uma residência em aspectos de segurança e acessibilidade, no que se diz respeito aos objetivos específicos será abordado três objetivos a função do primeiro é apresentar de que forma funcionar a comunicação de rede entre protocolos utilizado pela plataforma arduino e ethernet, o segundo é justificar a importância da presença da automação residencial referente a segurança e acessibilidade e a terceira é demonstrar de que forma o microcontrolador arduino pode ser utilizado na segurança.

A análise realizada dentro deste trabalho é de caráter literário feita através de revisão de artigos científicos, consulta a livros relacionados ao assunto, base de dados do google acadêmico. Pesquisas a serem realizadas será dos últimos 18 anos. As palavras-chaves deste trabalho de acordo com a proposta serão as: IOT, Arduino, Open source, Protocolos de comunicação, domótica.

2. ARDUINO E OS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

A comunicação feita pelos microcontroladores que o compõem o IOT e dada pelos protocolos de comunicação: WIFI, BLUETOOTH, USB SERIAL, SERIAL RX/TX e Zigbee dentre outros protocolos que esta plataforma suporta nos ambos os casos, além desses protocolos o arduino utiliza TCP/IP, que serve para a comunicação com a Ethernet, ou seja, com browser. (OLIVEIRA, 2017).

O protocolo TCP/IP funciona de ambos os lados, lados esses que são o server-side e client-side, o client-side é um software que funciona do lado do cliente formalmente dito do lado do browser que envia solicitações para o server-side que trabalha sempre com uma porta de comunicação aberta à espera da solicitação designada ao client-side específico. (OLIVEIRA, 2017). Propriamente dito o server-side geralmente é usado para fazer solicitações aos sistemas de baixo nível que no caso que se encontra o arduino responsável por e recebe funções e enviar dados especificada pelo client-side, tipo para o monitoramento de uma câmera IP que é solicitada através de device que por sua vez se comunica com o arduino para que ele retorne as informações desejadas pelo device ou seja os vídeos monitoramento pedido pela câmera IP.

Ethernet é extremamente rápida e robusta, transmitindo os dados de um lado para outro através de redes sem erro. Cada dispositivo na rede obtém um único identificador chamado endereço IP, o qual permite o dispositivo comunicarem-se através de diferentes protocolos de internet. (EVAN; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.203).

Então a internet como é conhecida é formada por conceitos e termos a seguir: Ethernet, protocolo, endereço MAC, TCP/IP, endereço IP e o endereço IP local. (EVAN; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013).

Segundo Evan (2013), Noble (2013) e Hochenbaum (2013) os conceitos que define a rede de comunicação, são ethernet que "é uma tecnologia de rede padronizada que descreve uma maneira para computadores e outros dispositivos enviarem informações de um lado para o outro através de uma rede com fio". Detalhadamente a internet é um meio onde pode-se fazer a comunicação entre vários dispositivos simultaneamente através de seu uso.

Protocolos são linguagem de comunicação estabelecidas que permitem aos dispositivos conversarem uns com os outros mais para isso os dois dispositivos devem estar usando a mesma linguagem de comunicação tal como (HTTP). (EVAN; NOBLE; HOCHENBAUM, 2013, p.203).

Segundo Evan (2013), Noble (2013) e Hochenbaum (2013) o HTTP é um protocolo comum que configurar o arduino como um servidor de web para estabelecer uma linguagem que permite ao servidor de web Arduino entender mensagens e solicitações do client-side. Os endereços TCP/IP, endereço IP e o endereço IP local são responsáveis pela identificação do dispositivo, TCP/IP e referente ao word wide web "WWW" que é responsável pela internet mundial já o endereço IP e a identificação do servidor no caso o Arduino que será usado, o mesmo ocorre que com o endereço IP local mais este é responsável por configuração de dispositivos conectados à rede tal como dispositivos IOT.

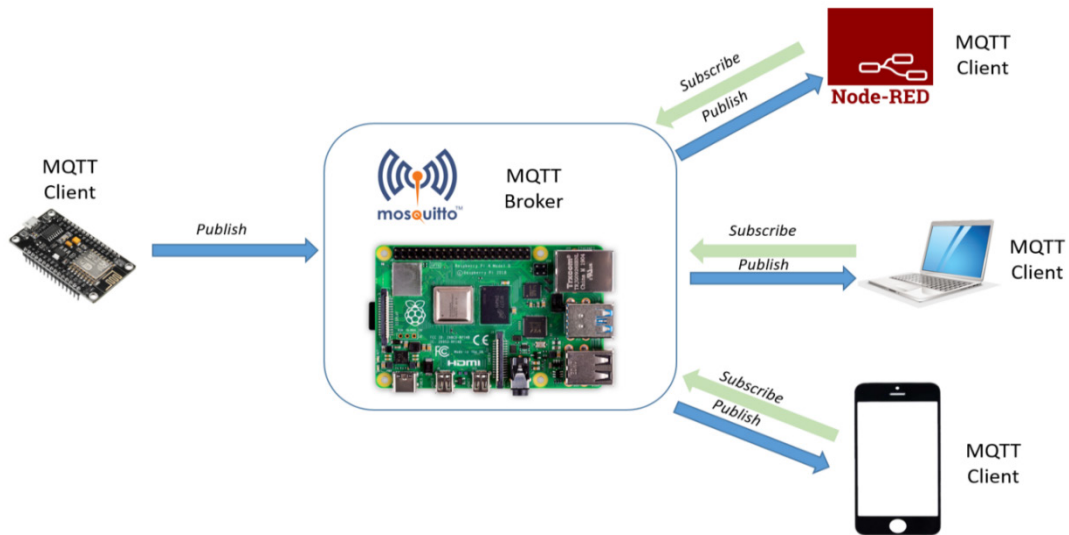


Figura 1 - Comunicação serve side e cliente sider
Fonte: caprasilana (2021)

Fazendo uma referência análoga na figura1 há uma representação gráfica de como é feita a comunicação entre os sistemas de servido e cliente basicamente tudo se resume nesta imagem, relacionado a este parágrafo será resumido a forma em que a comunicação entre esses sistemas funcionar, primeiramente observa-se que a um broker que é o mesmo que o servido, esse sistema faz o lado serve-side conectado à rede MQTT(Message Queue Telemetry Transport) que nada mais é um protocolo de comunicação entre máquinas dentre outros. Protocolo esse que por sua vez estará conectado à rede internet fazendo o intermédio entre os sistemas como o foco da rede mqtt é voltado para o IOT ele está diretamente ligado a sensores e atuadores que ao ser publicador ou Subscritor pelo cliente ele executara alguma tarefa relacionado de acordo com o broker a placa logica que nesse caso é um microcontrolador.

2.1. Microcontrolador arduino

O arduino uno genuíno possui uma característica interessante pelo fato que o seu processador atmega328 pode ser programado através da placa e juntamente com o compilador e retirado da sua base para servi de acordo com o projeto eliminando a necessidade de carregar por completo o conjunto da placa na figura abaixo é ilustrado graficamente uma representação de uma placa genuína da arduino.

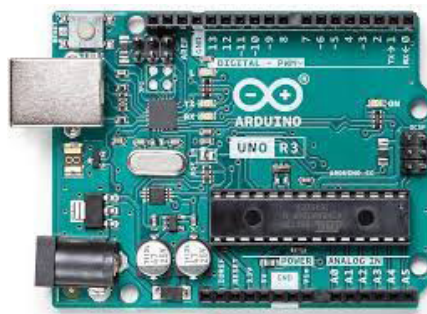


Figura 2 - Microcontrolador Arduino
Fonte: Amazon (2021)

Segundo Thomsen (2014), a plataforma open source arduino que nasceu em 2005, com o propósito de ser um hardware acessível e de fácil programação a estudantes e projetistas amadores. O microcontrolador possui funcionalidade de inputs e outputs controladas através de algoritmos pré-definidos pelo usuário similar a um computador.

Conforme citado acima o hardware arduino é uma placa que possui entradas(inputs) e saídas(outputs) que são controlados por um processador Atmel ARM, um cristal ou oscilador 32bits e um clock temporizador comandados pela linguagem definida pelo o bootloader geralmente se utilizar a linguagem de programação em C que é uma linguagem de baixo nível.

Marchesan (2012), demonstrou uma solução voltada a inclusão e acessibilidade com arduino cujo objetivo é apresentar de que forma o arduino se molda de acordo com a concepção da imaginação do programador para realizar projetos voltados a segurança e mobilidade, um bom exemplo está voltado a pesquisa feito pelo mesmo que criou um sistema automatizado de segurança com o arduino.

Os autores Evan (2013), Noble (2013) e Hochenbaum (2013) questiona-se para que serve o arduino? "as repostas são surpreendentes diversificadas. O Arduino tem sido usado em uma grande variedade de projetos "como vídeo games, robôs... o autor deixa claro que o arduino é uma ferramenta de N possibilidade dependendo do esforço e da criatividade do programador.

Conforme o parágrafo acima pode se imaginar o arduino conjugado com a internet as possibilidades são ainda surpreendentes segundo Sinclair Bruce (2018) IOT veio para preencher as lacunas existentes tanto na área de TI (Tecnologia da Informação) quanto na área de TO (Tecnologia de Operação).

O Arduino pode se comunicar com diversos outros módulos denominados de Shields que são módulos criadas para serem integrada com a plataforma de maneira fácil e rápida instalação tais como modulo ethernet, display, receptores de sinal de GPS, dentre outros módulos existentes criadas pela e para a plataforma.

O software que o arduino se utilizar é da própria plataforma, a IDE (Integrated Development Environment) que significa Ambiente de desenvolvimento integrado desta e um ambiente livre acesso e código aberto tanto o hardware quanto o software, para a sua utilização é necessário que a placa esteja conectada ao computador ao ser compilado.



Figura 3 -IOT integrado com o Arduino
Fonte: Fazer lab (2021)

De acordo com figura 3.0, analisa-se a integração da plataforma arduino juntamente com a tecnologia IOT, fazendo a leitura de um sensor de umidade através do microcontrolador e por sua vez utilizando o computador como um broker para fazer ponte como o sistema de comunicação em nuvem dando origem a o termo iot, essa forma de comunicação permite analisa os parâmetros enviado pelo sensor de qualquer lugar através de um browser.

Sobre o parágrafo anterior pode se dizer que este sensor que foi utilizado na ilustração serve para a acessibilidade tal como em um regador de plantas, como integrado ao ar condicionado para que o mesmo regule o clima ambiente pelo o browser que mede a umidade e temperatura do ar local, colocando em pratica serve para uma pessoa que não tem o seu tempo bem gerenciado ou uma pessoa que tenha alguma alteração completa ou parcial relacionado a sua coordenação motora poderá esta usufruído desta tecnologia que entrega tanto segurança quanto acessibilidade para com alguma portabilidade Pca (pessoa com deficiência).

Segundo Lousada (2021) a aplicação em que o arduino se mostre mais eficaz é na área de automação residencial devido a sua facilidade em executar tarefas e de aperfeiçoar as funcionalidades dos aparelhos eletrônicos residenciais principalmente no quesito segurança.

Perante a sua vasta derivação de placas, os microcontroladores por ser um sistema de código aberto e pela própria arduino apoia esse movimento surgiu se placas mais potentes no mercado tais com a placa Esp 32 que é menor que uma placa arduino convencional e com mais poder de processamento e funcionalidade voltada totalmente para o iot tal como a sua conectividade com a rede wifi sem a necessidade de módulos externo.

Mc Roberts (2015) nomeia o arduino sendo uma plataforma de computação física embarcada onde este processa tanto as entradas quanto as saídas externas onde o mesmo a considera minúscula.

Banzi (2011) em seu livro cita o uso de elementos de eletrônica que antes da plataforma arduino surgiu ele era obrigado a terceirizar o serviço onde a maioria das ferramentas eram destinada a engenheiros e elas necessitava de um autoconhecimento técnico. Em anos seguintes os microcontroladores se tornaram mais acessível a sua aquisição e mais fácil de se usar, em seu trabalho após a utilização da plataforma este citou que as pessoas terminam agora os seus projetos em 2 ou 3 dias sem a necessidade de terceirizar o seu serviço com esta plataforma referindo se ao arduino.

3. A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA RESIDENCIAL

Conforme verificado no anuário brasileiro, as pesquisas feitas no brasil relacionado a segurança pública no ano de 2020, no Brasil foram registados só no primeiro semestre 15.470 roubos residenciais, sendo subtração bens só em residências. Que estão relacionados a problemas de classes financeiras principalmente de grandes metrópoles brasileiras.

Residências tais como apartamento condomínio, em muitas das vezes os proprietá-

rios se ausentam por horas ou até mesmo dias deixando a residência propicia a furtos deixando o dono preocupado com os seus bens, pois muitas das vezes o indivíduo não tem acessibilidade a tecnologia de monitoramento de vigilância. (MOURA, 2006).

Conforme citado acima, o autor deixa claro que os sistemas de vigilância que mercado entrega ao consumidor final que se diz respeito ao monitoramento e consigo juntamente a automação de ponta integrada a rede ethernet, vem por valores muito acima do que alguns consumidores podem pagar pela sua segurança, ainda mais levando em consideração a classe econômica média e baixa.

Segundo Moura (2006), conforme moura citou em seu livro que bandido não acaba apenas transcende de um lugar para o outro, onde o furto é facilitado como é o exemplo a seguir em que os bancos eram vulneráveis em sua segurança e constantemente sofriam ataques ao se notar a sua fragilidade os bancos passaram a otimizar o seu sistema de segurança e reforça a vigilância dele tais como porta giratória com detector de metal e reforço na vigilância dentre outros sistemas adotados após decisões tomadas e aplicadas percebeu se que o número de assaltos aos bancos diminuíram radicalmente de maneira a força os criminosos a migrarem para outro lugar em que o furto seja facilitado dando assim continuidade em que Moura afirma que bandido não acaba apenas transcende pelo o fato em que no mesmo período que a segurança foi reforçado nos banco houve um aumento significativo nos roubos de carga de caminhões.

Conforme observasse no parágrafo anterior os indivíduos de má índole ao encontrar dificuldade para a prática de atos que são incondizentes com as leis estes passam a procurar meios alternativos para a sua prática como foi o caso citado acima que logo após achar dificuldades no assalto aos bancos começaram a assaltar caminhões de carga ou seja ao se introduzir barreiras de proteção que dificultam as ações dos bandidos independentes dos lugares os mesmos transcendem deixando o lugar assim seguro.

Em caso de residência pode-se utiliza o arduino para introduzir barreiras de proteção, evitando assim a presença de criminosos e que os mesmo sejam forçados a migrarem para outro lugar ao perceberem que a residência está sendo monitorada.

No ano 2001 foi realizado um levantamento feito pela polícia no Estados Unidos da Califórnia (CA) nos Estados unidos da América (EUA) onde foi feita uma pesquisa durante um período de um semestre de uma determinada região onde foi analisado os pontos onde os furtos e roubos a residências eram mais frequente de acordo com a imagem abaixo:

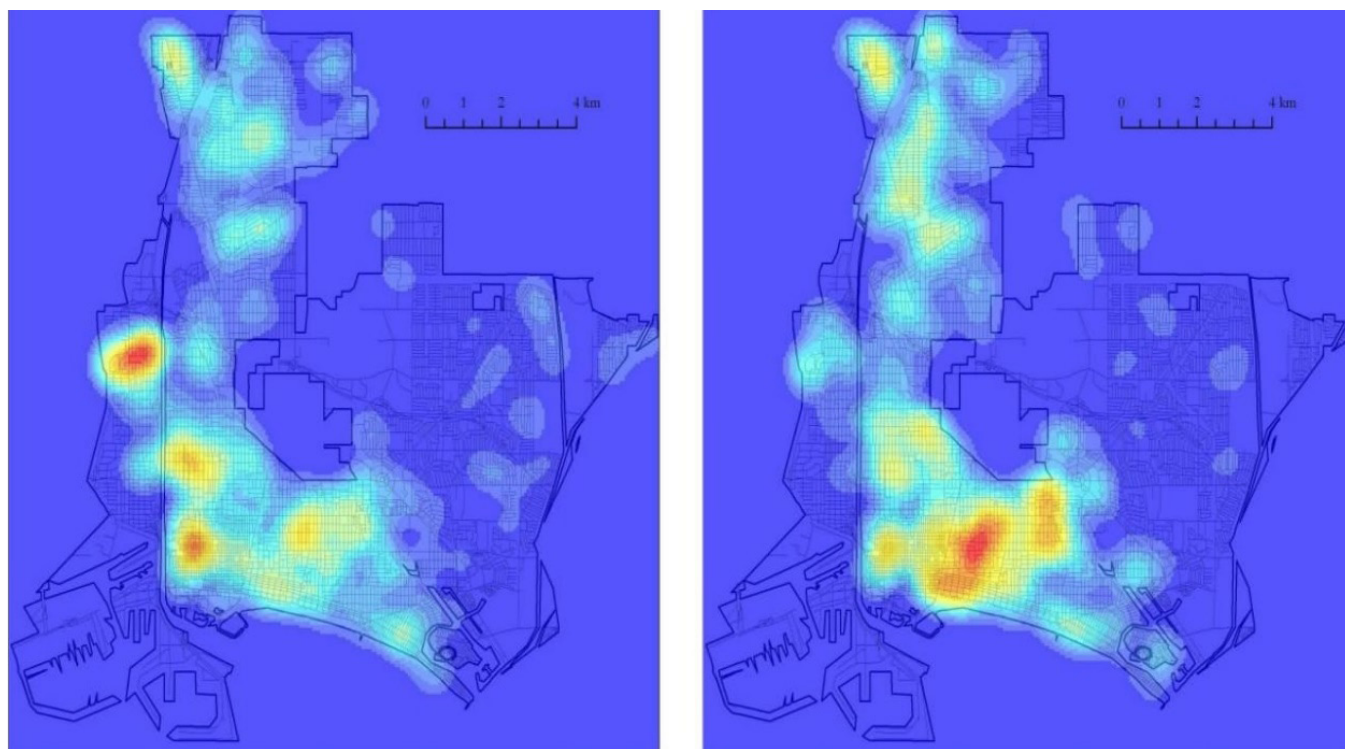


Figura 4 - Mapa de roubos e furtos

Fonte: Mathematical Models and Methods in Applied Sciences

De acordo com a ilustração acima na primeira imagem a esquerda demonstra um mapeamento da criminalidade durante 3 meses já na segunda imagem a direita é demonstrado outro mapeamento durante 6 meses da mesma região como se pode observar o ponto de criminalidade mudou no período de 3 meses após a última pesquisa. Marques Ferriolli (2019) tem como proposta usa esses estudos para propor um método de análise estatística em que seja possível a construção de um modelo em que se tenha uma previsibilidade onde a ocorrência de roubos e furtos possam se intensificar sendo assim possível se demonstra a importância da segurança em residências.

Também Newham (2008) em seu artigo a mesma publicou a respeito do roubo a moradias da província de Gauteng na África do Sul, e chegou à conclusão em que a metade dos roubos que aconteciam eram entre o período noturno até as 4:00hs da manhã, período este geralmente dedicado ao descanso do ser humano horário de menos alerta.

Sávio (2011) elaborou um trabalho a respeito de furtos ocorridos por falta de vigilância em residências, dados baseados em Minas Gerais na cidade da Diamantina, com objetivo voltado para a importância da vigilância residencial ele associa os furtos ocorrido pela falta de vigilância e propôs um sistema de vigilância em que se repasse as informações para as autoridades sobre os furtos e roubos para que as mesmas atuem de forma preventiva para combater esse tipo de crime.

Segundo Tribuna (2021) o sentimento de segurança no Brasil é algo quase escasso para as pessoas, isso se explica através de dados que aparecem recorrente na mídia. Um exemplo é o portal da emissora globo G1 que apresenta dados preocupantes a respeito da segurança e violência. Retomando as estatísticas foram demonstrados dados de um período de um semestre em que foi registrado 22.680 mortes violentas, contra 21.357 tendo um aumento significativo nas mortes violentas isto ocorrendo no período de 2020.

De acordo com o Terra (2020) Indivíduos mal-intencionado promovem furtos e roubos qualificado estes passam a monitorar rotinas das suas vítimas tais como rotas e horários analisando assim o melhor momento para ato criminoso, desfrutando se das falhas promovidas pelas tais como a falta de monitoramento da residência, cercas elétricas inativas dentre outros pontos desprovido de segurança analisado por estes.

Moura (2006) Evidencia a justificativa dos meios de violência urbana em que os assaltos e os furtos ocorridos em residências tornaram-se comum com o passar do tempo. Sobre essa questão recorrente de que a violência se torne cada vez mais comum, empresas privadas procuram meios de otimizarem a segurança de seus clientes visando assim um mercado bastante lucrativo para estes.

De acordo com o Terra (2020) A visibilidade que a segurança passou a ter entre as moradias tais como condomínio se tornou ainda maior, tornado assim quase que indispensável a sua presença em residências e em empresas. Levando essas questões as pessoas passaram a buscar por empresas privadas que sejam referencias no mercado com tecnologias de ponta.

O sistema de segurança mais conhecido e mais procurado por pessoas que almejam segurança em suas residências e empresas de segurança é chamado de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) que consiste em câmeras instaladas e conectados ao DVR (Digital Vídeo Recorder) que é um aparelho que serve para a captura de vídeos retiradas das câmeras analógicas em formato digital de acordo a ilustração abaixo:



Figura 5 – Sistema CFTV
Fonte: centralcftv (2022)

Sistemas esses que na prática custam altos valores aquisitivo que para classes de baixa renda se tornam inacessível a sua aquisição, diante disso a segurança em locais habitado por baixa renda tendem a ser menos a seguro e mais propensas a furtos e roubos.

Diante mais em que este tipo de monitoramento não oferece um alto grau de segurança uma vez que este não alcança o grau de personalização que a plataforma do arduino oferece integrado a rede iot otimizando assim a segurança e acessibilidade a diversos fatores de monitoramento dentre prevenção e controle de atuadores disponibilizado pela plataforma.

Sobre essa questão acima do parágrafo anterior, a proposta deste acadêmico é apresentar formas que tornem a segurança acessível a classes de baixa renda através do sistema open source do arduino juntamente ao iot tornando assim as residências mais seguras e acessíveis.

Para que seja possível o entendimento da proposta deste acadêmico será necessário conhecer o arduino e seus protocolos de comunicação e de que forma funciona a sua arquitetura através do capítulo anterior a este e posteriormente conhecer os módulos utilizado na segurança residencial que será apresentado no próximo capítulo alguns destes tais como monitoramento visual e térmico com suas respectivas configurações dentre outros módulos, em que varia dentre atuadores e sensores de acordo com a necessidade do usuário almeja possuir.

A automação residencial é o conjunto de tecnologia em prol de se gera maior conforto e segurança juntamente com acessibilidade aos seus usuários, uma vez que a automação substitua tarefas manuais tais como o acionamento de um interruptor ou um monitoramento de segurança de uma residência através de sensores e atuadores, dando continuidade o mesmo pode ser acionado de forma remota através da internet. (ASSOCIAÇÃO ESPANHOLA DE DOMÓTICA, 2015).

A domótica no Brasil vem crescendo e representa uma grande parcela do mercado do consumido, a sua receita anual é de aproximadamente de R\$500 milhões com o aumento de 30% anual, o seu principal ponto de partida para que as pessoas comprem esta ideia é a necessidade de segurança, acessibilidade e conforto que a automação traz consigo. (TECHINBRAZIL, 2015).

4 SISTEMA OPEN SOURCE DO ARDUINO PARA A SEGURANÇA

Após ser demonstrado como os protocolos de comunicação funcionam, como o arduino integrar valor a rede iot fazendo uma otimização da comunicação com a internet e damos a importância do porquê à automação é algo necessário em uma residência, será apresentado projetos já criados com o microcontrolado, onde a principal questão abordada será a segurança.

A apresentação a seguir estará relacionada a aplicação de sensores de movimento e suas respectivas configurações técnicas.

4.1 Sensores infravermelho (Sensor grid-Eye AMG8833 E DS18B20)

Foi tomado como base uma iniciativa científica dos estudantes Barbosa (2016), Rossi (2016) e Sartor (2016) que concluíram um trabalho com o uso dos sensores a ser citado no parágrafo seguinte para o monitoramento da temperatura superficial do corpo.

Principais características do sensor de acordo com Panasonic:

- Mapeamento térmico: superficial;

- Temperaturas entre: -20°C a 100°C ;
- Frame dez por segundo ou um frame por segundo;
- Número de detecção: 64 elementos;
- Distância: 5m.

O sensor IR(AMG8833) utilizado pelos estudantes Barbosa (2016), Rossi (2016) e Sartor (2016) para captura a temperatura de um ponto específico com uma matriz 8x8 com uma precisão de mais ou menos $2,5^{\circ}\text{C}$ sendo o seu perímetro de 60° de visão o protocolo utilizado por esse sensor é o I2C, o que torna possível a conexão com a plataforma arduino juntamente com os sensores sensor de temperatura digital (DS18B20) para o monitoramento do ambiente.

Característica do sensor DS18B20 segundo o site curto circuito:

- Faixa de medição: -55°C a 125°C ;
- Tempo de conversão: 750ms(12-bit);
- Resolução de saída: 9 a 12 bits(programável);
- Precisão: $\pm 0,5$ entre -10°C e 85°C .

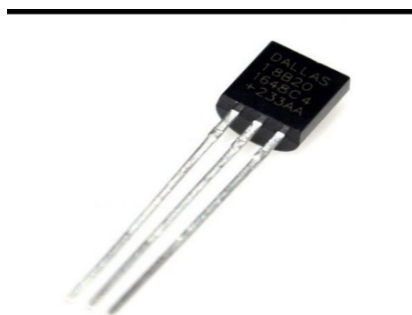


Figura 6 – Sensor DS18b20
Fonte: Curto Circuito (2022)

A figura acima demonstra a ilustração de um sensor do tipo TO92 a que será apresentado a seguir a sua configuração pronta para a comunicação com o microcontrolador.

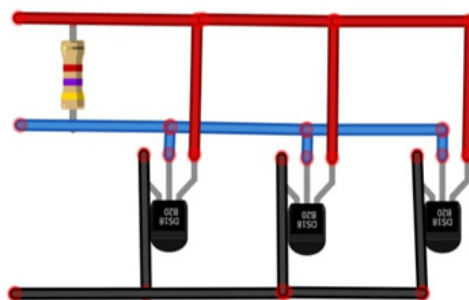


Figura 7 –Ligação do sensor de térmico
Fonte: Curto Circuito (2022).

De acordo com é demonstrado na figura 7, a ligação que está sendo feita é a paralela considerada como uma ligação normal já o pino data que se encontra no fio azul é conectado a pinagem digita do microcontrolador, o fio vermelho refere-se ao positivo que será alimentado pela placa juntamente o negativo ilustrado pela cor preta, observa-se o resistor entre o fio vermelho e o fio azul este serve para pull-up que interliga o vcc e a data.

4.2 Sensor AMG883

O sensor termico como é chamado o AMG8833 geralmente vem com uma placa em um circuito já integrado pronto para a conexão com o arduino tem casos em que ela já vem com o monitor excluindo a necessidade de configuração com compilador.

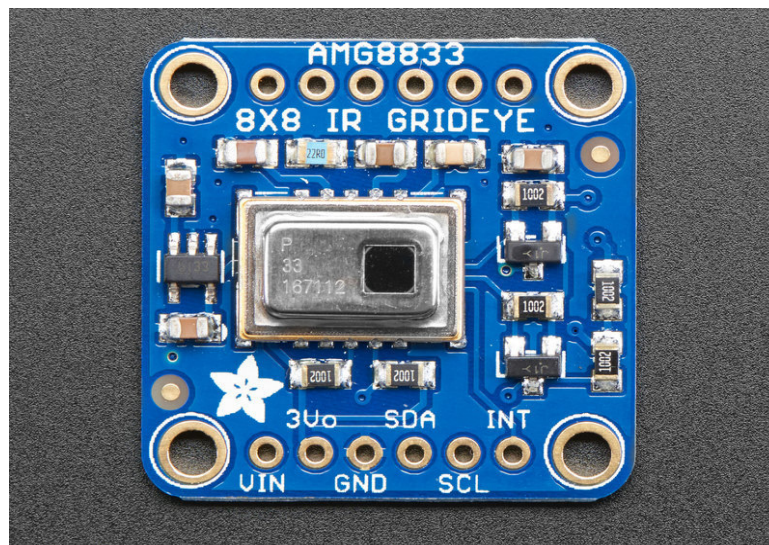


Figura 8 - Sensor AMG8833
Fonte: Adafruit (2022)

A Figura 8 Demonstra o sensor AMG8833 em um circuito integrado pronto para o uso com o arduino este sensor em específico utiliza de uma matriz 8x8, a placa desta câmera apresenta 4 orifícios um em cada canto e duas linhas de cabeçalho, as pinagens inferiores são as que realmente interessa na conexão com o arduino as outras pinagem apenas auxiliam na estabilidade da câmera térmica, o pino Vin suporta 3v , o pino 3V0 é a saída de 3,3v que vem do regulador de tensão, nesta configuração em específico poderá obter até 100mA na saída já a pinagem GND é onde será ligado o polo negativo.

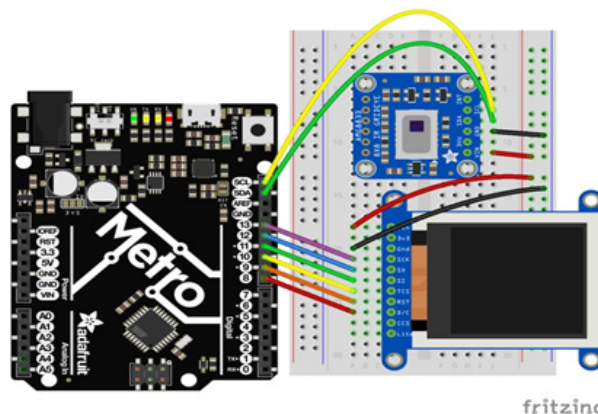


Figura 9 – Sensor térmico ligado ao arduino e um monitor
Fonte: Adafruit (2022)

A conexão do sensor térmico com o microcontrolador é demonstrada na figura 9 acima, de acordo como foi apresentado no parágrafo anterior a seguir será demonstrado o sensor trabalhando com a temperatura corporal, que de fato que interessa para esse trabalho de conclusão.

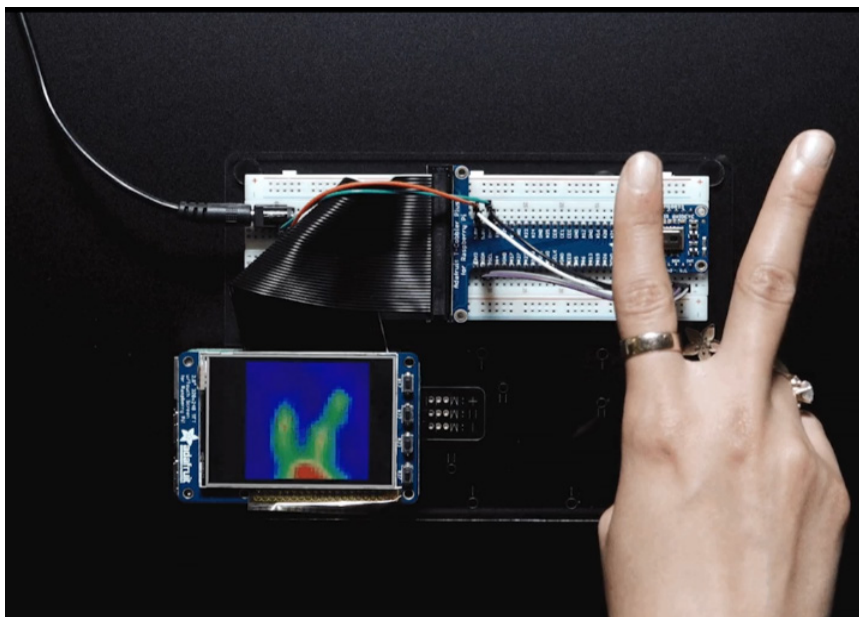


Figura 10- Sensor térmico em ação
Fonte: Adafruit (2022)

Na figura acima é demonstrado o sensor captando a temperatura corporal dos dedos de um ser humano sendo mostrado através de um monitor que está em um circuito integrado, o mesmo podendo ser usado para o monitoramento residencial.

4.3 Sensor de movimento PIR

Sensor de movimento PIR (Passive Infrared / Infravermelho Passivo), este sensor como o próprio nome se refere a um dispositivo passivo infravermelho, ou seja, ele não gera e nem irradia energia infravermelha, seu processo de funcionamento é baseado em ler os feixes de luzes que são invisíveis ao olho humano que são emitidas pelos objetos, usando termos mais técnicos o PIR é operado através do efeito Piroelétrico em que a mudança de temperatura gera uma expansão térmica, fazendo surgir uma carga elétrica através do efeito piroelétrico.



Figura 11 - Sensor PIR HC-SR501
Fonte: Bóson Treinamentos (2021)

A imagem acima é configurada como uma representação de um sensor PIR, ele possui um encapsulamento de plástico que protege as lentes específicas chamadas de lentes de Fresnel sua função neste dispositivo é essencial por aumenta o seu ângulo de visão de forma considerável, a seguir será apresentado as configurações deste dispositivo em especial.

Configurações técnica:

- Ângulo de operação: 120°;
- Distância máxima de leitura: 7m;
- Consumo em standby: 65mA;
- Fonte de alimentação: 4V – 20V;
- Output: TTL (Alto e baixo);
- Modos de trabalho: Repeatable e Non-Repeatable;
- Temperatura térmica de funcionamento: -20 a +70°C.

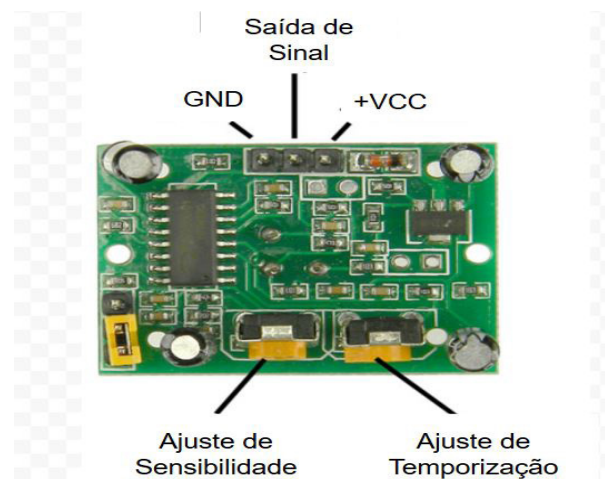


Figura 12 - Parte traseira do Circuito integrado da placa PIR
Fonte: Bóson Treinamentos (2021)

Como podemos observar o circuito é composto por 3 pinos, sendo dois para a alimentação da placa e um para a sua comunicação os pinos laterais são para o fornecimento de DDP(diferencial de potencial elétrico) já o pino central é a saída, ou seja, a que vai fazer comunicação com o arduino que irá fazer a sua função de acordo com a sua lógica de programação, observando na parte inferior percebe-se que há dois potenciômetros responsáveis pelo ajuste da placa relacionado a sensibilidade e o outro ao ajuste da temporização.

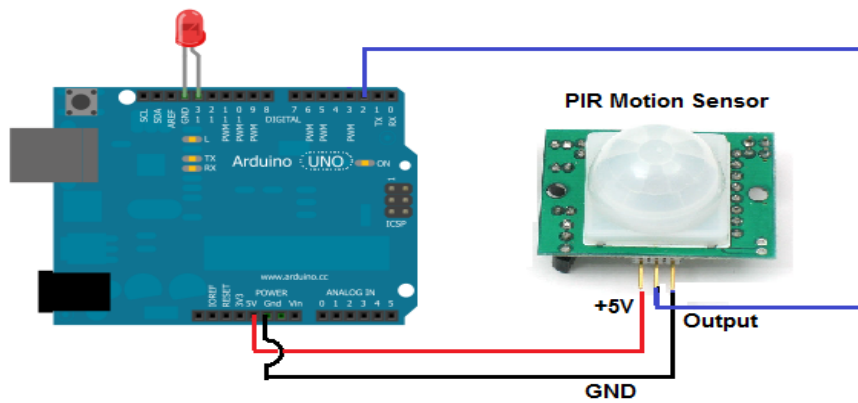


Figura 13 – PIR fazendo comunicação com o Arduino
Fonte: Project Hub (2022)

O arduino representado anteriormente com é demonstrado, ele faz o uso das suas pinagens para fornecer corrente direta para a placa Pir alimentando á com 5v e o seu pino negativo por sequênciã, o pino output fornece o sinal de saída do arduino que de acordo com a lógica que será implementado no microcontrolador ao percebe a alteração térmica e a diferença de pressão será acionado o led que se encontra pino13 tornando assim possível a captura de presença de uma pessoa através do sensor.

4.4 Módulo VGA

O monitoramento visual é algo quase que indispensável para a segurança de uma residência no século XXI pois os sensores de presença não fazem a transmissão de imagens em RGB (Red, Green e Blue) ou seja, coloridas para isso o arduino trabalha com um modulo chamado VGA (vídeo Graphics Array) que é baseado OV7670 como uma resolução 0.3megapixels e suas respectivas configurações a seguir de acordo com a casaarruda (2022):

- Modelo: OV7670;
- Tensão do Módulo: 3,3V;
- Alimentação na Pinagem Digital: 1,8VDC +/-10%;
- Alimentação na Pinagem Analógico: 2,45V a 3V; I/O: 1,7V à 3V;
- Resolução: 640 x 480 VGA Montado com F1.8 altas qualidades;
- Tamanhos de Imagem: VGA, CIF e qualquer tamanho de escala para baixo da CIF e 40x30.



Figura 14 - Modulo OV7670
Fonte: casaarruda (2022)

Na figura 14, é apresentado uma ilustração gráfica do modulo VGA em um circuito já integrado pronta para a instalação juntamente ao arduino, para que o corra um melhor entendimento a respeito da sua comunicação será tomado como base o trabalho científico do aluno Araújo Luan (2018) em que ele se utilizar da plataforma arduino e o modulo VGA OV7670.

De acordo com Araújo Luan (2018) O módulo OV7670 permite a captura e locação de imagens em RGB através do microcontrolador em uma taxa de 30frames por segundo sobre uma resolução de 640 x 480 Pixel. Modulo esse que acompanha um chip uma câmera VGA e um processador de imagens conjugado em que auxiliar a sua comunicação com o arduino. Sobre o SCCB (Serial Câmera Control Bus) é possível a visualização de frames completo juntamente com o "sub-sampling" com uma resolução de 8 bit de dados. Este modulo torna possível o controle da qualidade dos formatos e dos meios de transmissão da imagem através do SCCB que se encontra no compilador.

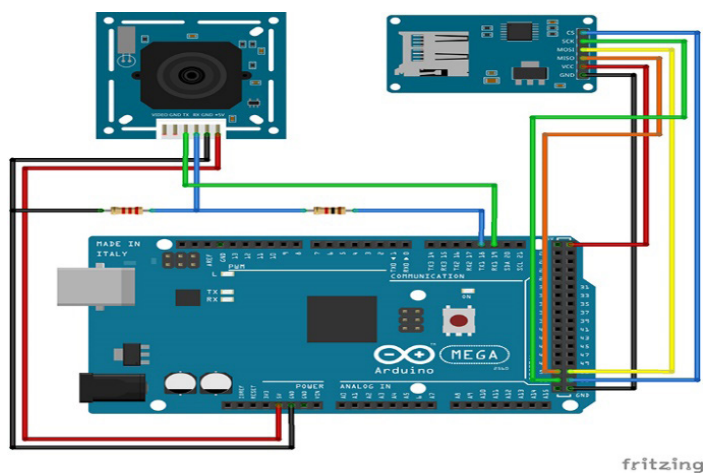


Figura 15- Modulo OV7670 se comunicando
Fonte: Deviceplus (2022)

Como apresentado nesta figura 15 a mesma ilustra a forma em que as conexões sejam interligadas com a placa arduino e o modulo OV7670 e o segundo modulo titularizado com modulo SD (Secure Digital) para o armazenamento das imagens processadas de forma que sua presença seja necessária no circuito para se torne eficiente tomar como provas as imagens armazenadas no cartão de memória SD que por sua vez o arduino não terá processamento suficiente para a sua locação.

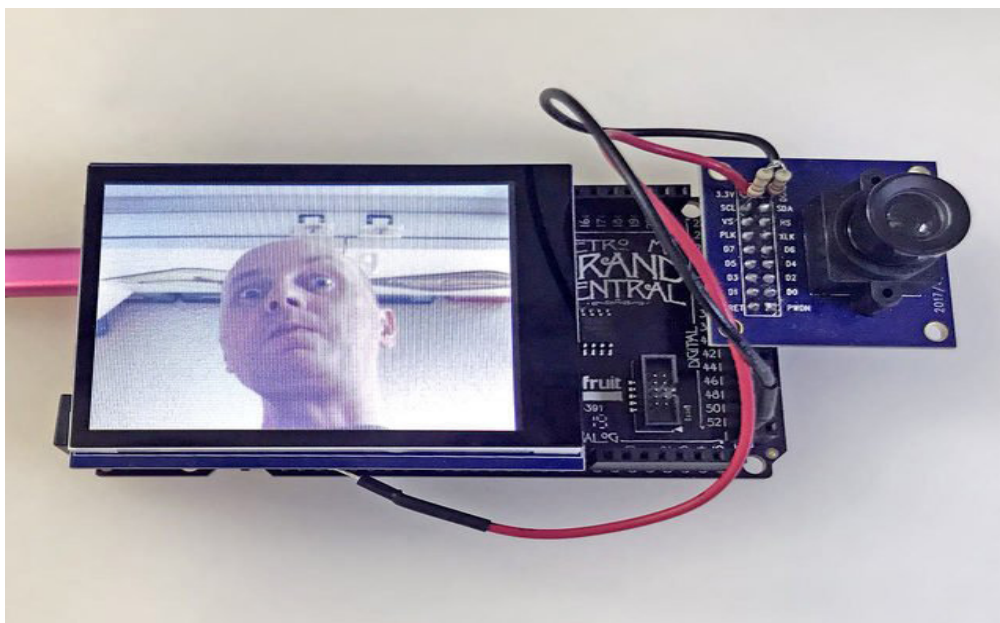


Figura 16- Módulo OV7670 em funcionamento
Fonte: Adafruit (2022)

A imagem anterior apresenta a utilização da câmera em que capturou um rosto de um ser humano através do processamento de imagens gerada pelo conjunto de módulo apresentado no parágrafo que antecede este, expondo assim a sua utilidade para a segurança residencial e a sua acessibilidade.

4.5 O sensor de gás MQ-2

O sensor MQ-2 é composto por SnO₂ (Dióxido de Estanho), que apresenta uma maior resistência ao ambiente com o ar limpo, quando exposto ao ar com partículas de gases a sua resistência tende a diminuir proporcionado um maior fluxo de corrente, o sensor em específico tem uma alta sensibilidade ao GLP (Gás Liquefeito do Petróleo) ao C₃H₈O (Propano) e ao H (Hidrogênio), sendo também usada para detecção de outras gases inflamáveis.

Ficha técnica de acordo com a Cap sistema:

- Carga resistiva 20K Ω ;
- Resistência de trabalho 10K Ω - 60K Ω ;
- Alimentação: 5V;
- Concentração de partículas: 200-10.000ppm.



Figura 17 – Sensor MQ-2
Fonte: Cap sistema (2022)

O MQ-2 possui um invólucro de malha de metal responsável pela proteção do contato acidental com o SnO₂, que é o principal componente que faz a variação de resistência que capta a presença de gases inflamáveis no ambiente abaixo da malha há um anel de pressão que mante a malha segura e o seu circuito.

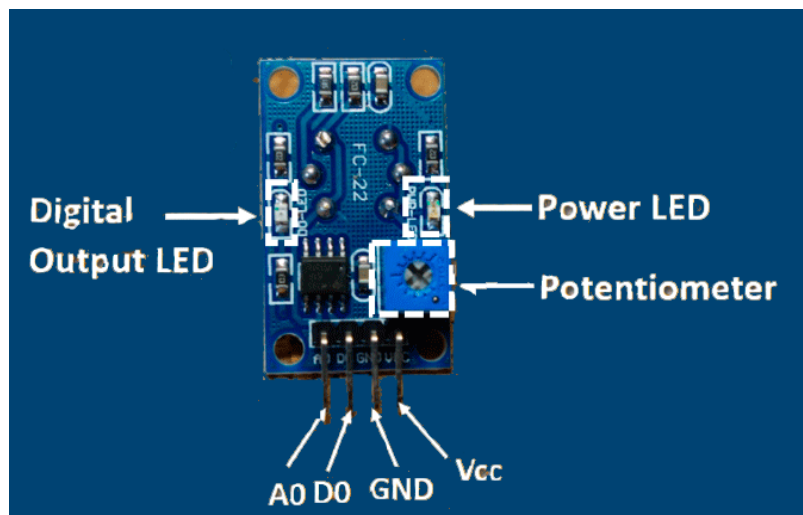


Figura 18 - Circuito integrado do sensor MQ-2
Fonte: Cap Sistemas (2021)

Analisado o circuito acima observa-se que existe 4 pinos sendo dois de alimentação um analógico e outro digital, este circuito é ajustável através de um potenciômetro na lateral da placa que altera a sensibilidade da concentração do gás no qual almeja-se a detectar, retomando a lógica da placa o pino analógico é utilizado com um comparador com o sinal de entrada que quando o sinal atinge um certo limiar da entrada o led acende indicando assim a presença de gases já o pino d0 fornece a representação em formato digital para o microcontrolador.

Em seu trabalho Cherobim Jordano (2018), apresentou um projeto onde desenvolveu um detector de vazamento de gás com o senso mq-2 conectado à rede iot usando protocolos de comunicação tal como a rede mqtt onde poderia ser monitorado em tempo real através da web com o objetivo de se ter o controle da quantidade de gás permitida no ambiente e se excedida será emitida um alarme.

4.6 Sensor detector de fogo e calor / KY-026

Este módulo foi desenvolvido com o objetivo de detectar a presença de fogo, chama e calor em um determinado ambiente. Diante da detecção feita pelo módulo juntamente com o microcontrolador onde este será notificado e tomara ações que lhe foram programadas. Sensor este que detecta o espectro de chama, fogo e calor em que a sua onda de largura seja de 760nm até 1100nm, onde está com a distância de até 80cm do sensor. Este sensor tem um ângulo de detecção de 60° e é sensível ao espectro de chamas sua sensibilidade pode ser ajustada a partir de um potenciômetro "trimpot" que está localizado no módulo o mesmo se baseia na tecnologia infravermelha de alta sensibilidade, seu funcionamento pode ser estabelecido com o microcontrolador arduino tanto com a porta digital quanto com a porta analógica, a seguir serão apresentadas suas configurações técnicas de acordo com a fonte de masterwalker.

Especificações técnicas KY-026:

- Controlador: LM393;
- Tensão de operação: 3.0 a 5.0VDC;
- Corrente de Saída: 15mA;
- Sensibilidade de detecção: 760~1100nm;
- Faixa de detecção: 60°;
- Temperatura de operação: -25°C a 85°C;
- Saída: Digital e Analógica;
- Indicador para presença de tensão: LED;
- Indicador para saída digital: LED;
- Sensibilidade: Ajustável através de trimpot.

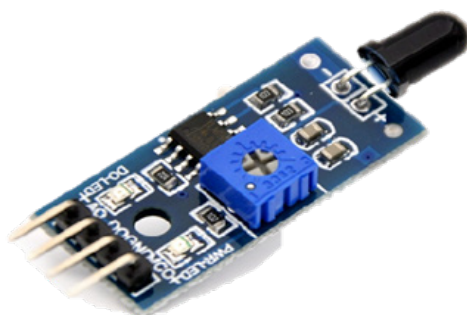


Figura 19 – Módulo de Chamar e Calor
Fonte: Masterwalker

Na figura 19 está uma representação gráfica do sensor de chama que é baseado no infravermelho em sua ponta está um detector ondas de luz infravermelhas em radiadas

pelo fogo ou calor, o mesmo é seguro por não emitir alarmes falsos quando combinado com o sensor mq2 tornando a sua análise mais precisa. Voltando a configuração da placa observa-se 4 pinos, em que dois são para o fornecimento de alimentação e outros dois para o recebimento do sinal sendo um analógico e outro digital, para a sua sensibilidade a um regulador trimpot que regula a sensibilidade do módulo de acordo com o ambiente para que não haja alarmes falsos.

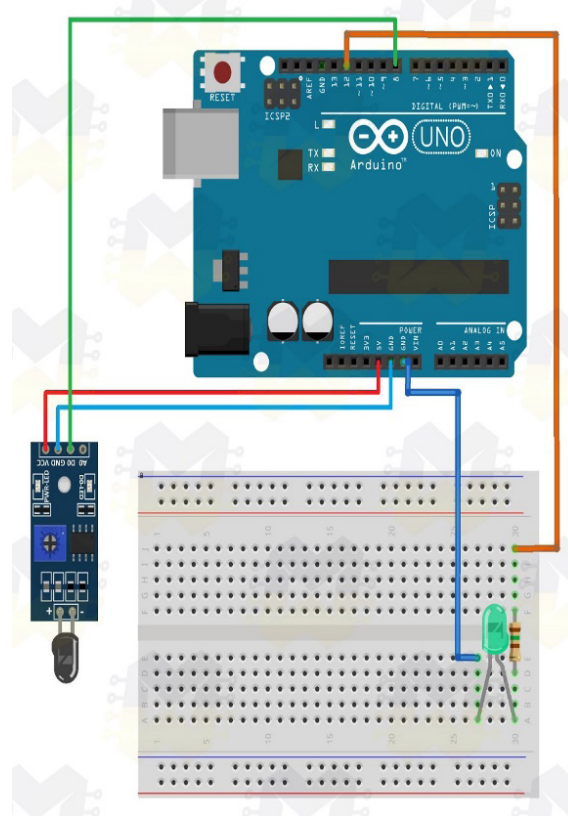


Figura 20 – Módulo infravermelho conectado ao arduino
Fonte: Masterwalker

Na imagem 20 há uma comunicação sendo feita entre o arduino e o módulo infravermelho através da porta digital do módulo utilizando o led como indicado da presença de raios infravermelhos emanados pelo calor ou fogo reconhecido pelo módulo e enviado para o arduino após a detecção destes.

Mesquita Sandro (2022) desenvolveu um sistema de alarme contra incêndio onde ele usou um sensor de chama para captar o fogo e configurou o arduino para que quando acionado, acionaria um sistema de combate a incêndio e caso não fosse o suficiente este acionaria o corpo de bombeiros para deter o fogo antes que se alastre.

Chow Díaz (2020) desenvolveu um sistema de monitoramento contrafogo para a população da cidade de Bluefields onde a maior parte da população é considerada baixa renda diante mais os mesmos viam sofrendo com incêndio onde as mesmas não tinha como custear sistemas para precaver o incêndio, os principais motivos por trás dos incêndios eram provocados por curto-circuito, por vazamentos de gases e por falta de atenção dos moradores.

Chow Díaz (2020) Usou a plataforma arduino integrando aos respectivos módulos: Esp 32, sensores de Gases tais com mq-2 mq-3 e mq-4, implementando consigo o sensor KY-026 conhecido também como sensor de fogo e desenvolveu um sistema onde é

possível detectar se as chance de um incêndio como tal um vazamento de gás inflamável percebido pelos sensores ou um curto circuito percebido pelo o senso KY-26 através do espectro do o calor emitida pelo o fio, caso ocorra um incêndio o proprietário da mesma seria notificado através de um alarme sonoro emitido pelo sistema de segurança.

4.7 Acessibilidade

Segundo Sinclair Bruce (2018) a criação de valor com o IOT se demanda de 4 partes, que são os produtos definidos por software que é a lógica por traz do dispositivo, o hardware a ser utilizado, os sistemas externos que são todas interligadas pela quarta pater que é a estrutura da rede, ou network fabric.

Seguindo a análise do autor acima, sim é possível criar sistemas de baixo custo como é o caso da automação residencial relacionado a segurança tudo vai depender das etapas apresentadas, como é o caso do software e do hardware que são os devices, comparando a capacidade de duas placas devices para se equipara o valor final do projeto de segurança pode se analisa uma raspberry pi zero e um raspberry pi 4 ambas são voltadas a comunicação com a Internet e reprodução de mídia, a raspberry mais básica já suprir a necessidade principal que é a segurança, se utilizamos a mais avançada vai sobrar poder de processamento assim ficando obsoleto a seu restante e encarecendo o projeto.

Dando continuação ao parágrafo que lhe antecede, neste será demonstrado um exemplo de como é possível torna o sistema acessível a outras classes econômica apresentada por Bukman (2016) com objetivo do mesmo voltado com foco na criação de uma ferramenta para supervisão e controle de sensores e alarmes via smartphone conectado à internet a baixo custo”, o mesmo analisou os matérias a serem comprado no intuito de proporcionar o melhor custo benefício usando a placa arduino uno que em contrapartida é a considerada com o melhor custo benefício e seus respectivos sensores voltada a linguagem C e o ambiente de servidor é o web Apache que será alocado os dispositivos iot, observa em seu trabalho que buscou sempre o custo benefício até mesmo importa-los de outros países outro exemplo de acessibilidade a plataforma se encontra no parágrafo seguinte.

Tiago Wanzeler(2016), Heleno Fülber (2016) e Bruno Merlin (2016) buscaram e apresentaram meios e formas de como a automação é e pode transformar as vidas de pessoas, de forma a ser acessível financeiramente a elas, eles integraram o sistema IOT juntamente com a plataforma Open Source do arduino onde estes citam o meio onde a plataforma da arduino disponibilizar tanto hardware quanto software de forma flexível, neste mesmo trabalho juntos elaboraram uma ilustração de uma residência automatizada conectada à rede iot e controlada por um app em que os mesmo desenvolveram diante mais veicularam está a rede social do twitter para alerta das condições em que a sua residência se encontra tal como quando alguém entra nela quando o alarme estiver ligado a plataforma enviara ao usuário uma mensagem informando que a sua casa foi invadida, este estudantes buscaram os meios em que toda o seu projeto desenvolvido chegassem ao público desejado que é a classe de baixa renda tão tanto que o valor final do projeto ficou em torno de R\$ 446,00 comparado ao valor que as companhias de segurança cobram este valor e bem inferior a eles que é entorno de R\$ 10.000,00 ou seja os estudante

concluíram o seu objetivo final, reduzindo os valores em mais de 2200% do valor original que é cobrado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é percebido neste trabalho que foi elaborado através de pesquisa literárias observa-se uma grande necessidade quando se trata de segurança, diante mais quando relacionado a segurança residencial por muitas das vezes quando o proprietário se ausenta do seu aposento a casa fica vazia tornando assim um ponto vulnerável a malfeitores com má intenção de invadir a casa do indivíduo, sendo assim foi proposto a utilização da tecnologia para favorecer o dono da casa, tecnologia essas que substituem sistemas de segurança que demanda de altos valores para que o proprietário possa usufruir.

Esta plataforma ela é considerada open source, ou seja, ela é de livre acesso a pessoas comum e de fácil acesso a placa devido ao seu baixo custo, o que ela exige do operador será o conhecimento em eletrônica e programação básica, diante já concluir se que o nível de automação da casa ou seja o nível de segurança que se almeja possuir estará ligado diretamente ao nível de conhecimento em eletrônica e programação.

A vantagem crucial desse sistema acima é que além da segurança em si ela proporciona acessibilidade e comodidade aos seus usuários trazendo tecnologia que foram apresentados anteriormente com os sensores de gás que evita um acidente doméstico, o sensor Pir que pode ser usado para economizar energia dependendo da lógica que se almeja ou utilizado para o monitoramento através da presença e o módulo OV7670 para o monitoramento visual utilizado principalmente quando o proprietário se ausenta.

Diante desse cenário concluir-se que é possível ter conforto e segurança com acessibilidade levando em conta a classe financeira com menos poder aquisitivo como foram os casos citados anteriormente neste trabalho, exigindo apenas dos seus usuários os respectivos conhecimentos que foram apresentados em parágrafos anteriores tendo em vista a possibilidade de implementação e criação de novas soluções para a área através de pesquisas ainda mais quando se implementa o conceito de Iot. Em trabalhos futuros proponho a integração do sistema iot para pessoas com dificuldade na coordenação motora visando a acessibilidade a elas onde as mesmas poderão se sentir seguras.

Referências

ADAFRUIT. **Circuito do Sensor AMG8866**. Disponível em: < www.learn.adafruit.com >. (Acessado em: 11 de janeiro de 2022).

ARDUINOOMEGA. **Sistema de incêndio com arduino e cooler**. Disponível em: < www.arduinoomega.com >. (Acessado em: 20 de maio de 2022).

ADAFRUIT. **Modulo OV7670**. Disponível em: < www.learn.adafruit.com >. (Acessado em: 26 de abril de 2022).

ANUÁRIOBRASILEIRO. **Dados da Segurança Pública de 2020**. Disponível em: < www.forumseguranca.com.br >.

org.br>. (Acessado em: 28 de abril de 2021).

ARAUJO, Luan. **Projeto de campanha inteligente**

controlada por sistema de vídeo. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, 2018.

ASSOCIAÇÃO ESPANHOLA DE DOMÓTICA. **Automação residencial: histórico, definições e conceitos 2015.** Disponível em: < www.docplayer.com.br/2355303-Automacao-residencial-historico-definicoes-e-conceitos.html>. (Acessado em: 30 de maio de 2022).

BARBOSA, ROSSI e SARTOR, Ângelo, Luiz e Karina. **Estratégia e implementação de controle de sensor infravermelho,** utilizando a plataforma Arduino. Revista Científica – Universidade Estadual de Campinas, 2018.

BANZI, Massimo. **Primeiros passos com Arduino.** São Paulo: Novatec, 2011.

BOSONTREINAMENTOS. **Sensor de Movimento PIR.** Disponível em: <www.bosontreinamentos.com.br>. (Acessado em: 12 de janeiro de 2021).

BUKMAN, Guilherme. **Desenvolvimento de um protótipo para segurança residencial de baixo custo.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Ouro Preto, 2016.

CAP SISTEMA. **Sensor MQ-2.** Disponível em: < www.capsistema.com.br >. (Acessado em: 13 de janeiro de 2021).

CASAS ARRUDA. **Ov7670** <https://casaarruda.com.br/produto/modulo-camera-vga-ov7670>>. Disponível em: < www.capsistema.com.br >. (Acessado em: 25 de Abril de 2022).

CENTRAL. **O que é CFTV.** Disponível em: < <http://www.centralcftv.com/> > Acessado em 24 de abril. de 2022.

CURTO CIRCUITO. **Como utilizar o sensor DS18B20.** Disponível em: <www.curtocircuito.com.br>. (Acessado em: 10 de janeiro de 2022).

CHOW DÍAZ, San Ying. **Sistema de alerta temprana para la reducción de riesgos de incendios en viviendas Bluefields.** Trabalho de Conclusão de Curso- Bluefields Indian & Caribbean University Bicu, 2020.

CHEROBIM, Jordano. **Plataforma para controle de concentração de gás GLP.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Internet das Coisas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

EVAN, NOBLE E HOCHENBAUM, Martin, Joshua e Jordan. **Arduino em ação.** Primeira edição. São Paulo, Novatec, 2013.

LOUSADA, Ricardo. O que é Arduino: Para que serve, vantagens e como utilizar. Disponível em < <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>>. Acessado em: 25 de Abril. de 2022.

MARQUES, Murilo. **Sensor detector de fogo e calor.** Disponível em: < www.blogmasterwalkershop.com.br >. (Acessado em: 22 de maio de 2022).

MASTERWALKERSHOP. **Dados da Segurança Pública de 2020.** Disponível em: < www.forumseguranca.org.br>. (Acessado em: 28 de abril de 2021).

MARQUES, Murilo Ferriolli. **Análise estatística da dinâmica de roubos e furtos residenciais.** Trabalho de conclusão de Curso - Universidade Estadual Paulista, 2019.

MC ROBERTS, Michael. Arduino Básico. São Paulo. Novatec Editora, 2011.

MOURA, Cristina. **Crescimento da segurança preventiva.** Brasília. Departamento de Antropologia da Universidade de Brasília, 2006.

MARCHESAN, Marcelo. **Sistema de monitoramento** residencial utilizando a plataforma Arduino. Trabalho de Conclusão de curso – Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

NEWHAM, Gareth. **SA Crime Quarterly:** Reclaiming our homes- Tackling residencial robbery in Gauteng. Disponível em: < <https://issafrica.org/research/south-african-crime-quarterly>>. (Acessado em: 20 maio de 2022).

2022).

NSCTOTAL. **Furtos residenciais**. Disponível em: <www.nsctotal.com.br/noticias/cresce-o-indice-de-furtos-a-residencias-nos-ultimos-dois-anos-em-joinville>. (Acessado em: 10 de janeiro de 2022).

OLIVEIRA, Sérgio. **internet das coisas**: Com ESP8266, Arduino e Raspberry Py. São Paulo: Novatec, 2017.

PANASONIC. **Sensor AMG8833**. Disponível em: <www.br.mouser.com>. (Acessado em: 10 de janeiro de 2022).

PROJECT HUB. **Senso PIR**. Disponível em: <<https://create.arduino.cc>>. (Acessado em: 12 de janeiro de 2022).

SINCLAIR, Bruce. **IoT**: como usar a internet para alavancar seus negócios. São Paulo: Novatec, 2018.

SILVA, Sávio. **Ocorrência de furto consumado à residência em Diamantina, relacionada à ausência de vigilância**. Monografia – Academia de Polícia Militar do Estado de Minas Gerais, 2011.

THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino**. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. (Acessado em 28 de abril de 2021).

TERRA. **Furtos e roubos em residências e condomínios do estado de São Paulo**. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/segundo-dados-mais-de-12-mil-furtos-e-roubos-em-casas-e-condominios-acontecem-por-ano-em-sao-paulo,8bdd34a1458fa5c1579aeb945e7a62aetkuha7ff.html>>. (Acessado em 24 de abril. de 2022).

TECHINBRAZIL. **Integradores da Automação Residencial**. Brasil, 2015. Disponível: <www.techinbrazil.com.br/integradores-de-automacao-residencial-no-brasil>. (Acessado em 02 de junho de 2022).

TRIBUNA. **Crescimento do mercado de segurança no Brasil**. Disponível em: <<https://www.tribunaribeirao.com.br/site/como-a-inseguranca-no-brasil-faz-crescer-o-mercado-de-seguranca-residencial/>>. (Acessado em 04 de janeiro. de 2022).

WANZELER, FÜLBER E MERLIN, Tiago, Heleno e Bruno, **Desenvolvimento de um sistema de automação residencial de baixo custo aliado ao conceito internet das Coisas (IoT)**. XXXIV Simpósio brasileiro – Universidade Federal do Pará, 2016.

CAPÍTULO 31

O AVANÇO DO SISTEMA EMBARCADO NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

*THE ADVANCE OF THE EMBEDDED SYSTEM IN THE AUTOMOTIVE
INDUSTRY*

Reginilson Carvalho Dos Santos¹

¹ Engenharia de Controle e Automação, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

No projeto demonstra o funcionamento do sistema embarcado que é responsável de pelo controle e fornecimento de informações do veículo, nesses sistemas tem vários componentes que devido avanço contínuo da tecnologia na criação de hardware e software pode viabilizar o sistema a da resposta em tempo real a algum comando criado dos conceitos eletrônicos a arquitetura centralizada que opere com apenas um módulo de controle e a arquitetura distribuída que possui vários módulos em sua estrutura. Para tudo isso funciona foi viabilizado um protocolo de comunicação e controle para haver interação com os módulos, sensores e atuadores do sistema eletrônico o protocolo mais usado na indústria automotiva é a rede CAN desenvolvida por Robert Bosh Por ela ser fácil de operar e trabalhar com alta velocidade usando de fios traçado para comunicação essencial no controle motor injeção eletrônica fazendo que ECU envia e recebe mensagem dos sensores que faz análises do funcionamento do motor em seguida pois processar os parâmetros envia os sinais de dados como atuadores deve enceres seus trabalhos.

Palavras-chave: Sistema, Embarcado, Automotivo.

Abstract

The project demonstrates the operation of the embedded system that is responsible for controlling and providing vehicle information, these systems have several components that due to the continuous advance of technology in the creation of hardware and software can enable the system to respond in real time to some command created from electronic concepts, the centralized architecture that operates with only one control module and the distributed architecture that has several modules in its structure. For all this to work, a communication and control protocol was made possible to interact with the modules, sensors and actuators of the electronic system The most used protocol in the automotive industry is the CAN network developed by Robert Bosh Because it is easy to operate and work with high speed using wires tracing for essential communication in engine control electronic injection making the ECU sends and receives messages from the sensors that make analysis of the engine operation then process the parameters sends the data signals as actuators must finish their work.

Keywords: System, boarded, Automotive.

1. INTRODUÇÃO

O trabalho apresentará informações do desenvolvimento e avanço da eletrônica embarcada aplicada na indústria automotiva, demonstrando os principais sistemas e componentes eletrônicos presente nos veículos. No início cada fabricante criava seus próprios sistemas eletrônico, após alguns anos entraram em um consenso para unifica os sistemas.

Com a criação das redes de comunicação o sistema eletrônico obteve grandes evoluções, com a criação dessa tecnologia a capacidade gerenciamento armazenamento aumentou, assim um processador central tem acesso e controle sobres vários módulos localizados dentro dos automoves, recebendo e enviando sinais de funcionamento dos outros componentes do sistema.

Pois criando uma infinidade de novos avanços tecnológicos continuarão a impulsionar sistemas embarcados no setor automotivo. Com isso problema de pesquisa desse trabalho foi. Quais os avanços do sistema embarcado no setor automotivo com a implantação da unidade de controle eletrônico?

Estudar as informações e desenvolvimento do avanço da eletrônica embarcada aplicada na Indústria Automobilística tratando das questões fundamentais os principais sistemas e componentes eletrônicos presente nos veículos sendo esse o objetivo geral os e objetivos específico são. Aplicar o sistema embarcados nos dispositivos de controle automotivo explicando as funções de cada componentes como se comunica e trocar informações. Apresentar o Funcionamento da rede de comunicação CAN e como desempenha a sua capacidade computacional e de processamento de dados usado os microprocessadores e controladores para garantir a eficácias do sistema. Fazer a análise como é o Controle do motor e injeção eletrônica. Assim Demonstrando o funcionamento como são feitos os ajustes estabelecidos pelos algoritmos nos sensores e atuadores da injeção eletrônica.

O presente trabalho consisti em revisão bibliográfica sobre o assunto abordado aqui. foi executada pesquisa com objetivo de se aprofundar em conhecimento acerca do tema escolhido. foram feitas Leituras de texto em obras publicada nos últimos 30 anos disponíveis em revistas livros, artigos publicados e em sites na internet, para poder analisar o que tem disponível de melhor na tecnologia, assim encontrando soluções para projeto. As pesquisas sempre serão feitas usando as palavras chaves; sistema, embarcado e automotivo. Para obter melhor resultado e ênfase nas pesquisas.

2. APLICAÇÕES DO SISTEMA EMBARCADO NOS DISPOSITIVO DE CONTROLE AUTOMOTIVO

O sistema eletrônico embarcado e responsável pelo controle de dezenas de sensores e atuadores que fornecem informações que são necessárias para monitorar e controlar o funcionamento do veículo. Nesse contexto, demonstra que não é mais uma visão futu-



rista, mas sim uma realidade atual cada vez mais presente nos carros do cotidiano das pessoas em todo mundo.

Isso se deve em grande parte o avanço contínuo das tecnologias de sistemas eletrônicos embarcados. A indústria automotiva investiu em pesquisa na aplicação do sistema embarcado, com decorrer dos anos obteve uma grande expansão na área tecnológica, na criação de hardware, software, sistemas operacionais e no que a de mais moderno na eletrônica automotiva. com rápido crescimento da alta conectividade, informações, entretenimento, segurança e conforto a bordo. O sistema embarcado mais preciso voltado para área automotivo e demonstra que essa área agrega muito valor na engenharia automobilística.

Considerando que os sistemas eletrônicos se encontram presentes em todos os aparatos tecnológicos no mundo atual tendo em vista sempre favorecer ao usuário uma melhor experiência e segurança.

A Presente nos automóveis a vários anos. Há eletrônica a facilita melhor o controle e funcionamento dos veículos. A Eletrônica embarcada nos automóveis atuais tem avançado significativamente a aplicabilidade em controle e funções oferecidas aos condutores. os sistemas de controle são projetados separadamente pois controla dispositivos diferentes um dos outros, mas sempre trocam informações sobre o funcionamento de cada componentes. (GUIMARÃES, 2007)

OS sistemas embarcados é um projetado para realizar várias funções que oferece normalmente resposta em tempo real utilizando um modulo processador central que controlam os outros módulos acoplados em vários locais no veículo.

A vários sistemas embarcados na indústria automobilística com aplicações que vão desde veículos comuns aos híbridos e elétricos, cada um dos sistemas está programado para realiza um tarefas, no controle dos componentes de freio monitorando individualmente a velocidade de cada roda para evitar o travamento das mesmas no momento em que o freio for acionado.

Na direção elétrica o motor não tem esforço como na direção hidráulica assim diminuindo o consumo de combustível. No câmbio automático as mudanças de marchas já são assistidas por um modulo eletrônica assim o condutor tem uma interação com sistema podendo deixar no modo automático ou se preferi fazer ele mesmo as troca das mesmas. E controla também outros sistemas com a injeção eletrônica, conforto, segurança, tração, suspensão e estabilidade dos veículos

Com as implementações de sistemas de controle interconectados aplicando Arquiteturas elétricas, se destaca dois conceitos a arquitetura centralizada e distribuída. Na arquitetura centralizada o controle é realizado por uma única ECU (*Electronic Control Unit*) este modulo de controle representado na (figura 1) que recebe as informações de inúmeros sensores acoplado em várias partes do veículo processa os mesmos e envia para os atuadores e outros componentes do sistema eletrônico. (ALCÂNTARA, 2015).



Figura 1 Arquitetura centralizada
 Fonte: Guimarães (2007)

Nesse sistema o hardware e software tem sua simplicidade, composta quase totalmente por uma ECU, atuadores e sensores. Agregando algumas desvantagens uma delas e grandes quantidades de cabos que são necessários para interliga os componentes eletrônicos e a dificuldade de expande o sistema. Pois qualquer alteração tem que modificar o software podendo comprometer o sistema e funções originas do modulo eletrônico.

Na arquitetura distribuída o sistema de controle tem várias ECU´s interligadas, assim possibilitada a divisões e execução das funções. No sistema, algumas ECU´s recebe o sinal de entrada como na (figura 2) e as outras processa os sinais de saídas (GUIMARÃES 2007).

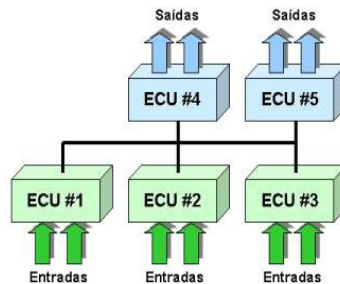


Figura 2 Arquiteturas distribuída
 Fonte: Guimarães (2007)

Na arquitetura distribuída temos o cabeamento bem reduzido devido que os módulos de controle ficam mais próximos dos sensores e atuadores a serem controlados, as conexões de entradas e saídas quase sempre feita com pares de fios trançados. O sistema de controle tem maior resistência a danifica e a mal contato nos conectores.

Facilitando aprimora a modularização pois podendo atualizar software na função desejada sem altera outras partes restante do módulo de controle. Com uso de várias ECU´s e necessário utilização de uma rede de comunicação conhecida como protocolo de comunicação, com isso terá interação entre os módulos de controle.

A escolha do protocolo de comunicação ideal leva em conta a transmissão de dados. (GUIMARÃES, 2007) protocolo de comunicação, o que mais se adequa entre os protocolos de comunicação serial e o CAN (*Controller Area Network*) desenvolvido nos anos de 1980 por Robert Bosch.

3. FUNCIONAMENTO REDE DE COMUNICAÇÃO CAN

O protocolo de comunicação desenvolvidos sugeriram para viabiliza melhor os sistemas das arquiteturas eletrônicas pois sendo uma rede inteligente, há sua utilização tornou se necessário para os dois conceitos de arquiteturas, os módulos que faz parte dos sistemas recebem informações enviados dos sensores através da rede de comunicação as mesmas são transmitidas em forma de números binários. Essas informações são de muita importantes para bom funcionamento do sistema. A rede CAN desenvolvido por Robert Bosch foi a que se adequou melhor nas aplicações na eletrônica embarcada automotiva (LUGLI; SANTOS, 2009).

A rede CAN sendo mais fácil sua implementação, mundialmente foi adotado a partir da década de 1980, inicial aplicada em ônibus e caminhões depois para a comunicação de diversos dispositivos veiculares, tratores navios e na automação industrial (FARSI; RATCLIFF; BARBOSA, 1999).

Existem outros protocolos de comunicação automotiva além do CAN, mesmo que este seja o principal em veículos mais novos, entre elas está a LIN (*Local Interconnect Network*). Usando apenas um fio estas duas redes operam em baixa velocidade, porém diferentes da CAN que trabalha com 2 ou 4 fios trançados pode operar em alta velocidades, conforme figura 3.

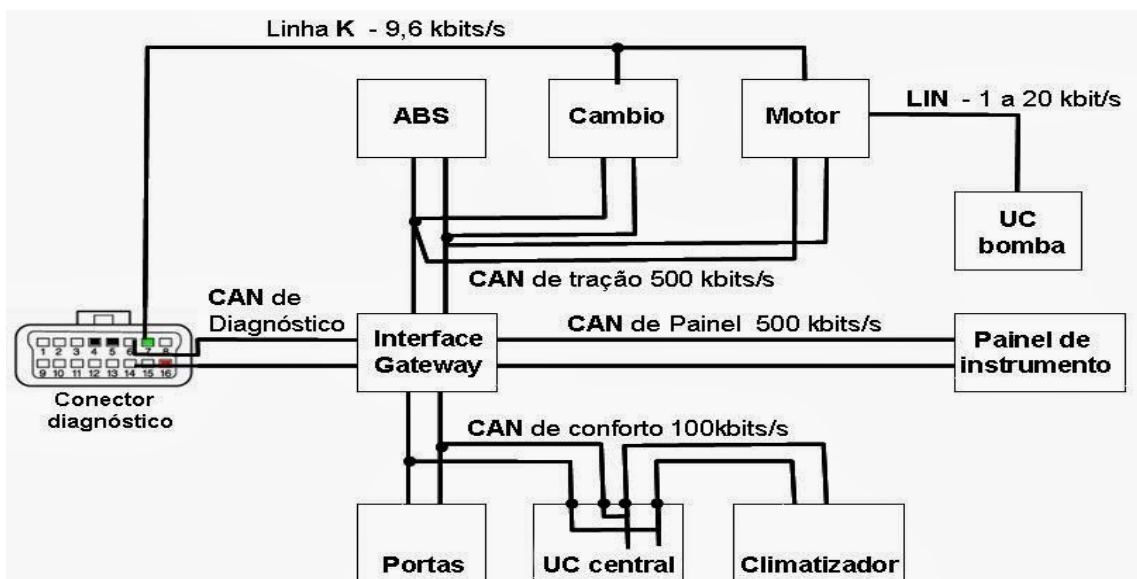


Figura 3 Estrutura de uma rede CAN automotiva
Fonte: Adaptado de Alcantara(2015)

O protocolo CAN tem sua comunicação serial sincronizada com outros módulos conectados enviado e recebendo mensagem nos barramentos em tempos regulares e conhecidos. Utilizando o conceito de multi-mestre todos os módulos pode ser escravos e mestre em certo momento necessário enviando mensagens para todos os módulos da rede (ENRIQUEZ et al., 2012).

Cada modulo verifica e analisa o estado do barramento se tem algum deles envidado mais mensagem com maior prioridade ou não, assim percebendo a mensagem com menos prioridade e interrompida sua transmissão e com maior prioridade e enviada depois restabelece a comunicação no ponto onde parou sem ter a necessidade de reiniciá-la

Inversamente proporciona ao comprimento do barramento a velocidade de transmissão dos dados com uma quantidade de 1Mbps considerando um barramento de 40 metros e fios elétricos como meios de transmissão de dados. As formas comuns de transmissão de dado são com 1,2 e 4 fios assim se constitui um barramento CAN (FARSI; RATCLIFF; BARBOSA, 1999).

Usando sinas de dados na rede de 1,2 e 4 fios a rede trabalha com CAN_H (CAN *High*) e CAN_L (CAN *low*) com os barramentos de 4 fios um é alimentação positiva outro negativa reverencia além dos sinais de dados. Já as redes com 1 fio apenas chamada de linha CAN é usado somente para transmissão de dados

A rede CAN de 2 e 4 fios tidas como a fundamental seus condutores não devem ser blindados e sim trançados, ao enviar os dados deve ser analisado e interpretado entre-os condutores CAN_H e CAN_L a deferência de potencial dos fios das mesmas. Os barramentos especificados com o conceito Par Trançado Diferencial diminuem os efeitos e interferência causados por eletros magnetismo. pois qualquer interferência sentida nos fios pode causar erros e flutuação nos dados a serem enviados para mesmas direções. Pois os módulos interligados querem receber sinal nos fios CAN_H e CAN_L a diferencia de potencial desses condutores não se altera entre eles assim permanece estáveis sem prejudicar a comunicação. Os dados transmitidos pela rede CAN são em bits '0' que representa nível baixo e '1' nível alto, sendo bits dominantes e bits recessivos composto para melhora condições e funções presente nos fios serias da rede CAN (BARBOSA 2003).

Sabendo que qualquer modulo pode se tornar mestre a qualquer momento se for necessário a robustez do protocolo não deixa acontece tráfico e colisão de informações, analisando atuação de dois módulos transmitindo mensagem diferentes ao mesmo tempo, os módulos verificam que depois de escrever um bit ver se o outro não sobrescreveu sua informação enviada, sempre o bit dominante sobrescreve o bit recessivo.

As mensagens são enviadas em dois formatos uma com o identificador de 11bits que é CAN 2.0A e a outra de 29 bits que é a CAN 2.0B, na de 11bits e possível ter 2048 mensagens na rede assim assinala uma limitação em algumas aplicações. A figura 4 apresenta o quadro de mensagem da CAN 2.0A

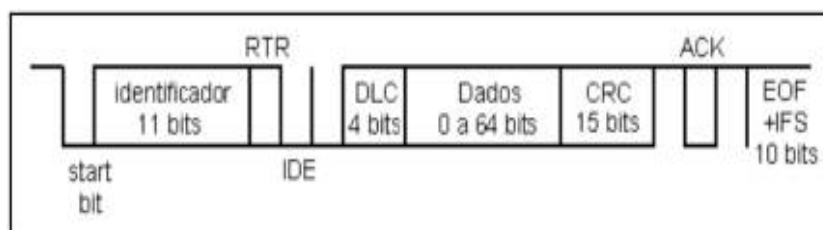


Figura 4 apresenta o quadro de mensagem da CAN 2.0A
Fonte: Guimarães

Já no identificador de 29 bits tem mais ou menos 537 milhões mensagens que pode ser enviada, assinalando que não tem limitações de envio. Com o 18 bit a mais no identificador amplia as transmissões e também, o tempo de envio podendo configurar problema para algumas aplicações quer requer mensagem em tempo-real. A figura 5 apresenta o quadro de mensagem da CAN 2.0A

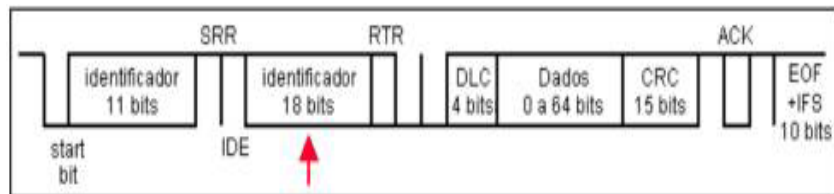


Figura 5 apresenta o quadro de mensagem da CAN 2.0B
Fonte: Guimarães, 2007

A rede trabalha com padrões específicos de transmissões de dados regidos por algumas normas, uns desses padrões de camada física transmite com uma velocidade alta de 125 kilobytes por segundos a 1 megabytes por segundo a outra trabalha com baixa velocidade de 10 kilobytes por segundo a 125 kilobytes por segundo.

A rede CAN tem eficácia de se adapta a condições falhas momentâneas ou constante por causa da sua robustez. Algumas falhas podem ser enviadas depois que o bit dominante ter feito a escrita o modulo que emitiu verifica se a mensagem no barramento e recessiva ou dominante, o transmissor e efetuada uma análise do valor enviado em função dos bits. Os receptores fazem o cálculo novamente da mensagem se é igual a transmitida anterior.

Se uma mensagem for enviada ou recebida tipificada com erro será incrementado um contador a cada erro registrado em uma unidade controle receptora 8 será registrada na unidade transmissora, considera normais os módulos com valor igual a zero os que tiverem o valor de 1 a 255 considerado com erros acima desse valor deixa de atuar no barramento ao reduzir as mensagens de erro no contador a unidade de controle volta as atividades no barramento.

Todas as falhas detectadas na rede pelos módulos receptores eles informa o barramento que existe uma mensagem de erro e que o modulo emissor precisa reenviar. No barramento com 2 ou 4 fios se ocorre um erro com alguns dos fios de dados a rede entrara no modo de segurança e continuar operanda nessa condição ater se resolvido o problema nas linhas de comunicação.

Existe também na CAN dois terminadores que são resistores de 120 e 124 ohms, os resistores a melhora reprodução do sinal elétrico fica localizada nas pontas assegura que o barramento esteja tudo normal em perfeitas condições de trabalho

A rede CAN pode ter outras sub-redes no sistema trabalhando, operando em velocidades deferente uma dá outras, mas usando módulos que já tem nas duas sub-rede para transmitir os dados junta com Aplicações da rede CAN pode ter inúmeros módulos no barramento, mas sempre respeitando as normas, para melhor funcionamento do protocolo CAN

4. CONTROLE DE MOTOR E INJEÇÃO ELETRONIOCA

A injeção eletrônica hoje e fundamental de importância pois é composto pela unidade de controle ECU (*Electronic Control Unit*). O sistema de injeção eletrônica é quem

controla o envio de combustível ao motor do veículo. garantido um equilíbrio por meio de um microcontrolado que analisa o funcionamento do motor, estabelecendo ajuste na alimentação, com o objetivo melhor eficiência.

Para realizar o controle do motor e o sistema de injeção, é aplicado um algoritmo que segue os modelos físicos propostos por Elbert Hendricks. simples dinâmica o modelo do fluxo de injeção de combustível, indica apresentado por Hendricks (ALCÂNTARA, 2015).

A central eletrônica ECU também chamada de unidade de comando faz parte do sistema juntos com atuadores e sensores que trabalham em conjuntos recebendo informações sobre o funcionamento do motor. implementa dos sinais emitidos pelos sensores do motor, os atuadores e mantém o funcionamento e controlando o tempo de injeção, avanço de ignição e a acelerador eletrônica, na ECU também fica registrado informações, sobre os parâmetros da fábrica do veículo

Os sensores analisam o funcionamento do motor e repassa as informações para uma central. colocados em pontos estratégicos do motor, fazem leituras e dados com temperatura, pressão velocidade e a queima do combustível para verificar a proporção dos reagentes (ALCÂNTARA, 2015).

Os sensores que gerencia o funcionamento do motor são eles Sensor de detonação, Sensor de fluxo de ar, Sensor de temperatura, Sensor de posição angular da válvula borboleta, Sensor de posição do pedal do acelerado, Sensor de fase, Sensor de rotação do motor, Sensor de pressão do coletor de admissão e Sensor de oxigênio dos gases de exaustão esse sensor conhecido como sonda lambda que faz análise e controle da mistura ar combustível até obter mais próximo possível a mistura ideal para o bom funcionamento do motor.

Já os atuadores são que responsável diretamente pela alimentação e queima do combustível no motor. Alguns deles são os injetores de combustível, ventoinha de arrefecimento, motor de passo, bomba de combustível, e a bobina de faíscas. O trabalho desses componentes depende das informações e comandos enviado da central de informações. os atuadores do sistema são eles válvulas injetoras de combustível Bobinas de ignição Vela de ignição Atuador da válvula borboleta entre outros (ALCÂNTARA, 2015).

Na tecnologia mais atuais o sistema conduz melhor as funções do motor aumentando sua eficiência energética com economia de combustíveis entrega de maior potência. Sistema avalia um conjunto de variáveis relacionada ao funcionamento do veículo com isso melhor equilíbrio na mistura de ar combustível controlando o disparo ponto de ignição das velas e velocidade de rotação do motor mantendo a marcha lenta ideal

No modulo de controle tem diversos componentes eletrônicos diodos resistores capacitores e circuitos integrados processadores e memorias em sua placa eletrônica. A memória EPROM (*Erasable Programmable Read-Only Memory*). Nessa memoria esta os todos técnicos e os programa estalado pelo fabricante as quais faz o controle do motor. É uma memória não volátil, ou seja, os dados permanecem salvos mesmo quando está desligada, nessa memoria pode ser feita alterações no seu algoritmo.

A memória de acesso aleatório a RAM (*Random Access Memory*) consiste em uma



memória de acesso randômico e volátil que armazena dados de programas em execução apenas enquanto motor está ligada sempre fazendo comparações com a informações armazenadas na memória a EPROM (ALCÂNTARA, 2015).

Numa eventual pane em um dos sensores ou atuadores a central de injeção eletrônica registra e armazena informações do problema. Muitas das vezes o veículo continua funcionando, mas de uma maneira diferente e as vezes não obedece a alguns comando da programação ideal. Uma luz se acesa no painel indicado problemas na injeção.

As centrais de controle do motor são muitas duráveis, mas muitas dão problema e preciso concertar até mesmo substituí-la. A fatora que pode ocasionar defeito nela alta temperatura, aterramento defeituoso, falha na alimentação curto-circuito em suas conexões vibração corozão entre outras. se for preciso a unidade de controle devera se feito uma programação para que o nova central seja reconhecida pelo sistema do veículo (ALCÂNTARA, 2015).

5. CONSIDERAÇOIS FINAIS

O desenvolvimento do trabalho foi concluído com êxito demonstrado o avanço do sistema embarcado com implantação da unidade de controle que conseguiu realizar funções dentro do sistema melhorando a comunicação e transmissão de dados se destacando as arquiteturas elétricas com redes distribuídas de múltiplos módulos

O desenvolvimento de protocolo de comunicação foi necessário para viabilizar esse sistema pois a rede CAN foi a que mais se adequou. Aplicando o conceito de multi-mestre onde outros módulos se tornam mestre a qualquer momento se for necessário outro fator e que pode ter outra sub-rede que operando em velocidade diferente da principal. Um protocolo versátil que melhora a velocidade de transmissão e é de fácil implementação.

A ECU quer faz todo o controle do motor transmitindo as informações e comandos para os componentes da injeção eletrônica através do protocolo de comunicação dados os comandos fica em suas duas memórias assim que for solicitado entra em trabalho. O avanço sistema embarcado agregou muito valores na indústria automotiva.

Referências

ALCÂNTARA DIAS, B. M. **Unidade microcontrolador para gerenciamento eletrônico de um motor de combustão interna ciclo Otto**. São Paulo. 2015. 269p. (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

BARBOSA, Luiz Roberto Guimarães. **Rede CAN**. 2003. Disponível em: <http://www.cpdee.ufmg.br/~elt/docs/DSP/Resumo_CAN.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2016.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. Tradução de Euryale de Jesus Zerbini et al. 25. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 1232 p.

BOSCH, Robert, 2007. **Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics**. 5 edition, Springer

Vieweg.

ENRIQUEZ, D.j. et al. CANOPNR: CAN-OBd programmable-expandable network-enabled reader for real-time tracking of slippery road conditions using vehicular parameters. **2012 15th International Ieee Conference On Intelligent Transportation Systems**, [s.l.], p.260-264, set. 2012. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/itsc.2012.6338905>.

FARSI, M.; RATCLIFF, K.; BARBOSA, Manuel. An Overview of Controller Area Network. **Computing & Control Engineering Journal**. Stevenage, p. 113-120. Jun. 1999.

GUIMARÃES, A. A. **Eletrônica Embarcada Automotiva**. 1. ed. [S.l.]: Érica, 2007

LUGLI, Alexandre Barantella; SANTOS, Max Mauro Dias. **Sistemas FIELDBUS para automação industrial**: DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet. Tatuapé: Erica, 2009.



Engenharia Elétrica



CAPÍTULO 32

GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

WIND POWER GENERATION IN BRAZIL

Jardel Bezerra Gonçalves¹

¹ Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

A energia eólica representa uma das principais fontes de uma nova geração de energia considerada limpa e tem um importante lugar no mercado mundial de energia. Este trabalho é uma revisão de literatura e teve como objetivo geral esboçar, diante do contexto brasileiro, as potencialidades e limitações de produção e utilização da energia eólica. A energia eólica varia ao longo do tempo, principalmente sob a influência de flutuações meteorológicas. Devido a essa variação, a energia eólica, às vezes, é incorretamente considerada como uma fonte de energia intermitente, no entanto, essa perspectiva é enganosa. Uma vantagem da energia eólica é a possibilidade de sua instalação em módulos, assim se houver a degradação de uma única unidade do sistema o efeito será insignificante na disponibilidade geral de produção. Conclui-se que as empresas de eletricidade estão cada vez mais interessadas no apoio da energia eólica para auxiliar a suprir a crescente demanda por energia elétrica, especialmente em locais densamente povoados e altamente dependentes de tecnologias.

Palavras-chave: Energia Eólica; Aerogeradores; Sistemas Eólicos.

Abstract

Wind energy represents one of the main sources of a new generation of energy considered clean and has an important place in the world energy market. This work is a literature review and its general objective was to outline, given the Brazilian context, the potential and limitations of production and use of wind energy. Wind energy varies over time, mainly under the influence of weather fluctuations. Due to this variation, wind power is sometimes incorrectly thought of as an intermittent energy source, however this perspective is misleading. An advantage of wind energy is the possibility of its installation in modules, so if there is a degradation of a single unit of the system the effect will be negligible in the general availability of production. It is concluded that electricity companies are increasingly interested in supporting wind energy to help meet the growing demand for electricity, especially in densely populated and highly technology-dependent locations.

Keywords: Wind Energy; Wind turbines; Wind Systems.

1. INTRODUÇÃO

A energia eólica é produzida a partir da força dos ventos, sendo abundante, renovável, limpa e disponível em grande parte do mundo e, dadas as vantagens dispostas por este tipo de sistema de geração de eletricidade, vem se expandindo de forma gradual e significativa no Brasil e no mundo.

Trata-se de uma energia decorrente dos movimentos gerados pela força cinética que provém de massas de ar que circulam na atmosfera e que se configuram úteis e benéficas para a sociedade, na medida em que sua geração não carece de processos de combustão, fato este, que assegura a não emissão de gases poluentes, que podem agravar o efeito estufa. Esse tipo de energia tem várias aplicações, que vão desde grandes campos de turbinas eólicas, interligadas e entregando energia à rede elétrica, às turbinas eólicas isoladas individuais que podem ou não estar conectadas à rede

No que se refere à capacidade instalada em âmbito nacional, o Brasil ainda está em processo de desenvolvimento, mas já apresenta resultados promissores em função de investimentos realizados para produzir e disponibilizar eletricidade a partir dos recursos eólicos, especialmente no Nordeste brasileiro.

Considerando que a questão energética tem tomado espaço relevante nas últimas décadas em virtude da necessidade de assegurar melhor segurança energética mediante o suprimento de energia limpa provinda de fontes renováveis em detrimento das fontes fósseis, encontrou-se motivação para desenvolver o presente estudo que, não tem a pretensão de esgotar o tema em pauta, mas se propõe a estimular o estudo do tema na perspectiva de contribuir efetivamente para construção do conhecimento científico, que pode ser utilizado por acadêmicos e profissionais da área.

Diante do contexto brasileiro apresenta-se a seguinte questão norteadora: quais as potencialidades e limitações técnicas da produção de energia eólica em grande escala no Brasil para complementação da matriz elétrica e atendimento das altas demandas energéticas do país?

Como objetivo geral foi definido: esboçar, diante do contexto brasileiro, as potencialidades e limitações de produção e utilização da energia eólica. Quanto aos objetivos específicos, foram delimitados: descrever as principais peculiaridades técnicas da energia eólica em relação a forma de obtenção; relatar os processos de conversão da energia eólica em elétrica e seu armazenamento; e, destacar as principais aplicações dos sistemas eólicos.

Esta pesquisa categoriza-se como uma revisão de literatura, portanto, para fundamental teórica foi necessária a leitura e seleção de materiais acadêmicos e científicos publicados na forma física e virtual, incluindo livros, teses, dissertações e artigos técnicos e científicos, incluindo os publicados em periódicos e sites especializados. Dessa maneira, foram consultadas como bases de dados eletrônicas Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Os termos usados como palavras-chaves nas buscas foram: Energia Eólica; Energia Renovável e Aerogeradores. Como critério de inclusão,



trabalhos em língua portuguesa, publicados entre 2011 e 2021, de cunho acadêmico/científico formaram as bases de fundamentação teórica..

2. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA ENERGIA EÓLICA

A energia contida na matéria é invisível, mas a luz, o movimento, o vento, as ondas fazem parte de suas manifestações. Em seu estado bruto ou “domesticado” pelos humanos, tem a propriedade de ser transmitida de um objeto para outro, muitas vezes por transformação. Mas nunca é criada ou destruída: o Universo contém uma quantidade finita e constante de energia (FADIGAS, 2012).

As energias primárias existem na natureza, em seu estado bruto. Energia muscular, água (correntes de rios, marés, ondas), vento, combustíveis (petróleo, carvão, biomassa, etc.) são apenas alguns exemplos. Por outro lado, a eletricidade estática (produzida pelo atrito entre certos materiais) e a dos raios não são consideradas como energias primárias, pois não podem ser utilizadas por humanos (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2012).

Em Física, energia é uma quantidade que mede a capacidade de um sistema de modificar um estado, de produzir trabalho resultando em movimento, radiação eletromagnética ou calor. As energias hidráulica, eólica, solar, biomassa e geotérmica, respectivamente da água, do vento, do sol, da biomassa ou mesmo da terra são energias limpas e inesgotáveis. Como energias renováveis, desempenham um papel preponderante na transição energética. Por isso, é fundamental promover o seu desenvolvimento para combater o aquecimento global e a independência energética de muitas nações (LOPEZ, 2012).

Durante séculos, o homem usou a energia do vento para mover barcos, moer grãos ou bombear água. Esta fonte de energia é usada na contemporaneidade para produzir eletricidade e a geração de energia eólica está em pleno desenvolvimento industrial. O elemento gerador da energia eólica é o vento, o qual pode ser designado como a movimentação do ar produzida pelo aquecimento desigual da superfície terrestre pela energia solar. Estima-se que a energia solar total recebida pela Terra seja de aproximadamente $1,8 \times 10^{11}$ megawatts (MW) por ano (PINTO, 2013).

O vento é gerado pelo aquecimento desigual da superfície terrestre pelo sol, já que esta é composta de diferentes formações de relevo, extensões e tipos de água que absorvem o calor do sol a diferentes taxas. Um exemplo desse aquecimento desigual é o ciclo diário do vento que durante o dia, faz com que o ar acima da terra se aqueça mais rápido do que o ar sobre a água. O ar quente sobre a terra se expande e se eleva, e um ar mais pesado e mais frio se desloca para tomar seu lugar, produzindo o vento. Porém à noite, os ventos são invertidos porque o ar esfria mais rapidamente sobre a terra do que sobre a água. Do mesmo modo, os ventos atmosféricos que circundam a Terra são criados porque a terra perto do Eixo do Equador é mais quente do que a terra perto dos Polos Norte e Sul (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2012)

Os ventos sopram em diversas direções. Quando o sol brilha, gera uma energia de radiação que atinge a superfície da Terra em diferentes proporções, perto do Equador recebe mais energia do que nos polos Norte e Sul, por isso algumas partes do planeta

absorvem mais energia de radiação solar do que outras, assim como algumas partes refletem mais os raios solares no ar. As florestas densas e a pavimentação absorvem a luz solar, enquanto as areias do deserto, as geleiras e a água refletem-na (CUSTÓDIO, 2013).

A energia eólica é a energia cinética das massas de ar em movimento ao redor do globo. A energia eólica é uma forma indireta de energia solar: os raios do sol absorvidos na atmosfera causam diferenças de temperatura e pressão. Como resultado, as massas de ar se movem e acumulam energia cinética (LOPEZ, 2012).

Da energia solar de entrada apenas 2%, ou seja, $3,6 \times 10^9$ MW) são convertidos em energia eólica e cerca de 35% dessa é dissipada a 1000 m da superfície terrestre. Portanto, a energia eólica disponível para ser convertida em outras formas de energia é de aproximadamente $1,26 \times 10^9$ MW. Como esse valor representa 20 vezes a taxa do consumo de energia global, a energia eólica, em princípio, pode atender às necessidades energéticas totais do planeta (GOLDEMBERG; LUCON, 2012).

Então, como já explicitado, a energia do vento é proveniente do sol. A atmosfera terrestre pode ser comparada como um gigantesco motor de calor, o qual extrai energia de radiação de um reservatório, o sol, e entrega calor para outro reservatório, o espaço, a uma temperatura mais baixa. Nesse processo, as interações do ar em diferentes temperaturas ocorrem na atmosfera e no limite terra-atmosfera, havendo regiões onde a pressão do ar é temporariamente maior ou menor do que a média. Esta diferença na pressão do ar faz com que o vento flua da região de maior pressão para a pressão mais baixa (GOLDEMBERG; LUCON, 2012).

Dentro da atmosfera, existem grandes regiões de pressão alternadamente alta e baixa, formadas por mecanismos complexos, que ainda não foram totalmente compreendidos. Para que em uma região seja mantida alta pressão, enquanto o ar a deixa ao nível do solo, deve haver uma massa de ar que simultaneamente a adentra. A única fonte para este ar está acima da região de alta pressão. Ou seja, o ar flui para dentro de uma região de alta pressão. Quando a superfície da Terra absorve a energia do sol, transforma a energia de radiação em térmica, aquecendo o ar acima dela, se expandindo de modo que suas moléculas ficam mais distantes. O ar quente, menos denso, sobe para a atmosfera, o ar mais frio e mais denso nas proximidades flui para tomar seu lugar, sendo este ar em movimento chamado de vento (GOLDEMBERG; LUCON, 2012).

Uma vez que a superfície da Terra é constituída de tipos diferentes de relevos e água que absorvem a energia irradiada pelo sol em diferentes taxas e grande parte dessa energia é convertida em calor, pois é absorvida pelas formações terrestres, corpos de água e o ar sobre essas formações, existem distintos tipos de vento (REIS; SANTOS, 2014).

O vento sopra em todo o planeta, mas em certas áreas as características de relevo podem fazer o vento soprar mais rápido e mais frequente ou mais lento e menos reiteradamente. Alguns lugares têm grande variação no vento de um dia para outro, enquanto outras áreas apresentam ótimas variações sazonais do verão ao inverno (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2012).

Os ventos podem soprar rápidos e fortes em pradarias, em montanhas ou costas, enquanto os ventos locais podem mudar a direção e a velocidade com frequência, se as



superfícies terrestres forem irregulares, se as florestas ou os edifícios estiverem em seu caminho. Desta forma, todas essas condições de relevo que influenciam na formação dos tipos de vento devem ser observadas ao se determinar o local de instalação de uma usina eólica para produção de energia (PINTO, 2013).

Em 1805, Francis Beaufort, explorador da Marinha Real Britânica que navegou nos oceanos e estudou o vento, criou uma escala para avaliar o poder desse elemento com base em observações dos fenômenos comuns do deslocamento do ar ao invés de utilizar instrumentos. A Escala Beaufort classifica os ventos de 0 a 12 com base em quão fortes são, sendo usada ainda para estimar a velocidade do vento e denominar cada tipo, desde calmaria a furacão (REIS; SANTOS, 2014).

As regiões terrestres geralmente absorvem mais energia solar do que as massas d'água em lagos, rios e oceanos. Essas regiões geralmente têm centenas de quilômetros de extensão. A quantidade de radiação solar recebida, o resfriamento superficial, a umidade, a rotação da terra, a evaporação da água, a cobertura das nuvens e as mudanças superficiais do relevo desempenham papéis determinantes nas condições atmosféricas que determinam os tipos, durações e direções dos ventos (FADIGAS, 2012).

Um estudo de viabilidade de qualquer projeto de energia eólica inclui um estudo das variações espaciais, temporais e direcionais da velocidade do vento. Por outro lado, o desenvolvimento de modelos preditivos para supervisionar e operar a geração de eletricidade baseada no vento requer conhecimento das características do vetor do vento. Esta é uma tarefa difícil devido às transições extremas na velocidade e direção do vento na maioria das regiões (REIS; SANTOS, 2014).

Para otimizar os sistemas de conversão de energia eólica e maximizar a extração de energia, são necessárias distribuições de frequência anuais, mensais, diárias, horárias e até por minuto de dados sobre o vento na região de instalação das usinas ou parques eólicos. As variações ocorrem em todas as escalas de tempo: segundos, minutos, horas, dias, meses, estações e anos. Compreender essas variações e sua previsibilidade é de importância fundamental para a integração e a melhor utilização do vento no sistema de energia eólico (TOMALSQUIN, 2016).

Desde o início do século XXI, foi dada maior atenção às análises das estatísticas de velocidade e direção do vento e às representações matemáticas da velocidade e direção do vento como essenciais para a engenharia eólica e indústria de energia eólica. O conhecimento das características e variabilidade do vento nas poucas centenas de metros da atmosfera é importante para, por exemplo, a exploração da energia eólica, o planejamento de edifícios altos e o monitoramento da dispersão de substâncias traços. Por exemplo, no campo da produção de energia, o conhecimento das características do vento onde as instalações do aerogerador são planejadas é crítico (TOMALSQUIN, 2016).

A geração de eletricidade a partir da energia eólica é um dos métodos que mais cresce no mundo. A energia cinética do ar em movimento é transformada em eletricidade por turbinas eólicas que são instaladas em locais onde as condições climáticas são mais favoráveis (BRASIL, 2020).

As turbinas eólicas podem ser usadas individualmente, mas muitas vezes são agru-

padas para formar parques eólicos ou centrais eólicas. A eletricidade produzida a partir de parques eólicos pode ser utilizada para atender às necessidades locais ou para abastecer uma rede de distribuição de eletricidade que atende residências e empresas mais distantes (LOPEZ, 2012).

A energia derivada do vento também pode ser transformada em hidrogênio e usada como combustível de transporte ou armazenada para geração posterior de eletricidade. A utilização desta forma de energia permite reduzir os efeitos da produção de eletricidade no ambiente, pois não necessita de qualquer combustível e não produz poluentes nem gases com efeito de estufa (REIS; SANTOS, 2014).

A produção e conversão de energia eólica em eletricidade tem muitas vantagens: em primeiro lugar, é uma energia renovável não poluente que contribui para uma melhor qualidade do ar e para o combate ao efeito de estufa. É também uma energia que utiliza recursos naturais e, portanto, contribui para a independência energética e a segurança do abastecimento (PINTO, 2013).

Por fim, a desmontagem das instalações e o gerenciamento dos resíduos gerados podem ser feitos sem maiores dificuldades e os locais de instalação podem ser reaproveitados para outros usos. As dificuldades existem apesar de tudo, como a gestão técnica da produção na rede elétrica, alguns impactos ambientais (avifauna, paisagem, ruído) e ordenamento do território (TOMALSQUIN, 2016).

3. DA ENERGIA EÓLICA A ENERGIA ELÉTRICA

A energia eólica converte a energia cinética no vento para gerar energia elétrica ou mecânica, usando uma turbina eólica, ou aerogerador, constituída de duas ou mais lâminas/hélices. A turbina pode ser conectada a um gerador para gerar eletricidade ou o vento usado como potência mecânica para realizar tarefas como bombeamento de água ou moagem de grãos. À medida que o vento passa pelas turbinas, move as lâminas que giram o eixo. A conversão de vento em energia mecânica é realizada pelas lâminas dos aerogeradores (OLIVEIRA; PEREIRA; VEIGA, 2012).

A eletricidade gerada pelo aproveitamento da energia mecânica do vento deve passar por um transformador para aumentar sua tensão e proporcionar que seja possível transferi-la com sucesso por longas distâncias. A eletricidade produzida pelo gerador tem uma tensão de aproximadamente 690 volts. Como não pode ser usada diretamente, é processada usando um conversor e sua tensão é aumentada para 20.000 volts. Em seguida, é injetado na rede elétrica e pode ser distribuído aos consumidores (LIMA, 2021).

A quantidade de energia que um aerogerador produz é proporcional à área que as lâminas do rotor varrem, assim, quanto mais longas as pás do rotor, mais energia gera um aerogerador. O tamanho das lâminas pode variar, geralmente entre 10 a 85 m de comprimento, multiplicam a força do vento como uma roda e um eixo, então uma brisa suave é muitas vezes satisfatória para fazer as lâminas se movimentarem (ROSSI; OLIVEIRA, 2017).

Além disso, ventos mais fortes também auxiliam, se o vento soprar duas vezes mais forte, há virtualmente oito vezes mais energia disponível para que um aerogerador colher, visto que a energia cinética do vento é proporcional ao cubo de sua velocidade (FADIGAS, 2012).

Então, se existe um fator chave na geração de energia a partir do vento, é o tipo de turbina eólica. Sua escolha determina diretamente a eficiência de um parque eólico para transformar a energia cinética das correntes eólicas em eletricidade. Os parques eólicos são projetados ao milímetro para a máxima produção de energia: sua localização, a força média do vento, o tipo de turbina são essenciais (DIUANA, 2017).

3.1 Aerogeradores

Existem vários critérios para a classificação dos aerogeradores, dentre os principais estão: a classificação de acordo com a posição de seu eixo em relação à velocidade do vento, que dá origem aos aerogeradores de eixo vertical e de eixo horizontal. Outra é a posição do equipamento em relação ao vento: a barlavento (rotor voltado para o vento) e a sotavento (rotor voltado para o lado oposto ao vento). Finalmente, devido ao número de lâminas: uma lâmina, duas lâminas, três lâminas e várias lâminas, cada uma com suas respectivas vantagens, desvantagens e aplicações (SILVA, 2019).

A principal característica técnica de uma turbina eólica é sua potência de produção, expressa em Kilowatts (kW). A potência de uma turbina eólica (em kW, quilowatts) mede sua capacidade de produzir eletricidade. Esta é uma característica técnica que depende apenas do aerogerador em si, e não do local onde está instalado. Em outras palavras, uma turbina eólica de 1 kW de potência não será capaz de fornecer mais energia em 1 hora do que 1 kWh, mesmo que seja abastecida com vento por um furacão. A turbina eólica tem uma potência entre 0,1 kW e 36 kW com alturas de mastro que variam de 10 a 35 metros de altura. As instalações domésticas são geralmente de 3 a 5 kW (COSTA, 2018).

Existem dois tipos de turbinas eólicas, considerando a posição dos eixos das pás: turbinas eólicas verticais, também conhecidas com turbinas VAWT (Turbina Eólica de Eixo Vertical); e turbinas eólicas horizontais, também denominadas de turbina eólica HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) (MEDEIROS, 2019).

Entre os benefícios de usar lâminas em torno de um eixo central vertical, é possível listar os três principais. O primeiro é o projeto e execução, cuja forma de construção melhora a aderência das pás responsáveis pela captação da energia cinética do vento. O segundo é uma questão energética, pois as turbinas tipo VAWT não precisam de nenhum sistema de orientação para detectar a energia cinética do vento. O terceiro é que os elementos necessários para produzir a eletricidade, como gerador e transformador podem ser localizados no nível do solo (SIMÕES; COUTO; ESTANQUEIRO, 2019).

Contudo a configuração do eixo vertical apresenta algumas desvantagens, dentre as quais a baixa eficiência, já que produzem menos da metade da energia elétrica das turbinas eólicas de eixo horizontal. Além disso, há pouco desenvolvimento tecnológico, pois a indústria de energia apitou em investir no desenvolvimento de aerogeradores de eixo

horizontal para garantir seus benefícios econômicos (SIMÕES; COUTO; ESTANQUEIRO, 2019).

Os modelos VAWT têm o eixo de rotação perpendicular ao solo, que garante o aproveitamento da força do vento sem a necessidade de grandes alturas. Dentro das turbinas eólicas VAWT existem diferentes modelos. Os principais tipos são (LIMA, 2021):

- a) Darrieus: duas ou mais lâminas são curvas e opostas uma à outra e giram em seu eixo vertical. Seu principal problema é que precisa ser monitorado e a execução automática não é possível. Além disso, requer tensores para garantir uma estrutura estável da turbina;
- b) Savonius: existem diferentes modelos dependendo do formato das lâminas e dos eixos de acionamento do diferencial. Esta turbina tem baixo desempenho e baixa velocidade de giro. No entanto, permite o auto-arranque;
- c) Turbina mista: consiste em uma mistura dos dois tipos de turbinas eólicas expostas anteriormente nesta lista.

As turbinas eólicas mais conhecidas são as horizontais, que oferecem melhor desempenho graças às suas superfícies de lâmina maiores. O segundo tipo de aerogerador encontrado no mercado é o aerogerador vertical. Tem a vantagem de operar sem a necessidade de ventos fortes. Também funciona em 360° , ou seja, qualquer que seja o eixo do vento. No entanto, seus rendimentos são menores do que para uma turbina eólica horizontal (MELO, 2020).

Todas as turbinas eólicas de eixo horizontal têm seu eixo principal de rotação no topo da torre, que deve estar orientado para o vento de alguma forma. As pequenas turbinas eólicas são orientadas por um cata-vento, enquanto as maiores usam um sensor de direção e são orientadas por servomotores ou motoredutores (SIMÕES; COUTO; ESTANQUEIRO, 2019).

Em geral, os aerogeradores de eixo horizontal são projetados para trabalhar com velocidades de vento que variam em média entre 3 e 25 m/s. A primeira é a chamada velocidade de conexão e a segunda é a velocidade de corte. Basicamente, o aerogerador passa a produzir energia elétrica quando a velocidade do vento ultrapassa a velocidade de conexão e, à medida que a velocidade do vento aumenta, a potência gerada é maior, seguindo a chamada curva de potência (MARTINHO, 2016).

As pás possuem um sistema de controle para que seu ângulo de ataque varie conforme a velocidade do vento. Isso permite que a velocidade de rotação seja controlada para atingir uma velocidade de rotação fixa em diferentes condições de vento. Da mesma forma, é necessário um sistema de controle da velocidade de rotação para que, em caso de ventos excessivamente fortes, que possam colocar em risco a instalação, faça o rotor girar de tal forma que as pás apresentem a mínima oposição ao vento, com o que máquina pararia (CORDEIRO et al., 2020).

Para turbinas eólicas de alta potência, alguns tipos de sistemas passivos utilizam características aerodinâmicas das pás que fazem o rotor parar mesmo em condições de

vento muito forte. Isso porque ele mesmo entra em um regime chamado estol aerodinâmico (GOMES; HENKES, 2015).

Essas características os tornam aerogeradores mais eficientes, multiplicando a quantidade de energia elétrica que é gerada, reduzindo custos. Suas turbinas, devido à disposição de barlavento do rotor, fazem com que o vento atinja primeiro o rotor e depois a torre. Em resumo, a indústria de energia optou por esta configuração com um layout de barlavento e rotores de três pás (PINHO; BARBOSA; PEREIRA, 2018).

Destaca-se ainda que em máquinas eólicas de eixo horizontal, para obter uma velocidade angular regular e uniforme nas pás, para uma dada velocidade do vento, é necessário que tanto a direção do vento quanto sua velocidade permaneçam constantes em relação às pás. Ao contrário, em máquinas eólicas de eixo vertical, mantendo as mesmas condições regulares na velocidade do vento e na velocidade angular das pás, verifica-se que elas podem ser submetidas a um vento aparente de direção e velocidade continuamente variáveis, portanto que nessas máquinas, o fluxo aerodinâmico acaba sendo muito complicado, muitas vezes ignorando as verdadeiras possibilidades das mesmas (SILVA; AZEVEDO, 2022).

Os projetos de turbinas eólicas podem ser classificados em turbinas eólicas de lâmina de passo fixo e turbinas eólicas de lâmina de passo variável. As de passo fixo apresentam um ângulo de inclinação constante da pá voltada para o vento. As de passo variável permitem adaptar a referida inclinação da pá em função da velocidade do vento, rodando em torno do eixo longitudinal da pá, e modificando as propriedades do perfil aerodinâmico no seu confronto com o vento incidente (SANTOS, 2017).

O aerogerador gaiola de esquilo é a configuração permite a geração em frequência constante mesmo quando a velocidade varia entre 1 e 2% da velocidade nominal, razão pela qual esta configuração é chamada de velocidade fixa. É composto por um gerador assíncrono em gaiola de esquilo conectado diretamente à rede através de um transformador, enquanto o rotor está em curto-circuito (TRALDI, 2014).

Neste tipo de aerogeradores, normalmente são utilizados soft starters para sincronização e conexão à rede, sendo conectados diretamente em regime permanente. O gerador assíncrono gaiola de esquilo é o gerador de menor custo, simples, robusto e com menos manutenção, o que o torna muito interessante para sua aplicação na geração eólica (RIBEIRO, 2020).

Contudo, não é capaz de gerar potência reativa e além disso tem a necessidade de consumir potência reativa para sua magnetização tanto a vazio como a plena carga, o que torna necessário o uso de bancos de capacitores. Esta situação piora na presença de uma queda de tensão causada por uma falha. Nestes casos, a máquina consome mais reativos enquanto a geração de reativos pelo banco de capacitores diminui com o quadrado da tensão, ou seja, gera menos reativos quando é mais necessário, colocando em risco a estabilidade de tensão do sistema (GOUVÊA; SILVA, 2018).

As turbinas eólicas de velocidade fixa convertem as flutuações da velocidade do vento em flutuações mecânicas e estas em flutuações de potência, independentemente do sistema de controle de potência utilizado. No caso de redes fracas, essas flutuações podem

causar flutuações de tensão no ponto de conexão. Essa configuração supõe uma baixa inserção da geração eólica na rede, pois não ajuda a manter a estabilidade da frequência na rede e deixa essa tarefa para a geração síncrona convencional (ZAPAROLLI, 2019).

As turbinas eólicas de passo fixo apresenta como vantagens fundamentais a simplicidade do equipamento e o custo, razão pela qual são utilizadas principalmente em sistemas de baixa potência. Pelo contrário, em ventos de alta velocidade não aproveitam ao máximo as propriedades aerodinâmicas das pás, com a consequente perda de energia captada (BEZERRA, 2019).

Sendo um projeto fixo, em altas velocidades de vento as tensões mecânicas são consideravelmente altas, então as pás devem ser construídas de forma a suportar tais tensões, e o custo da pá aumenta. Não possuem autofrenagem, portanto, em caso de descontrole, deve ser instalado um sistema de frenagem capaz de absorver toda a energia cinética das pás. Este tipo de controle tem problemas de torque de partida do rotor, então algumas vezes a partida é usando o gerador como motor (ZAPAROLLI, 2019).

As turbinas eólicas de passo variável podem ser aplicadas em sistemas de alta potência, que tornam rentável instalar um mecanismo de rotação de pás, o que implica maior complexidade e custo do equipamento, mas justifica-se pelas vantagens apresentadas. Dentro de máquinas de passo variável, diferentes opções de regulagem de velocidade podem ser comparadas, desde os projetos menos sofisticados até os mais complexos (NUNES, 2020).

A estrutura do aerogerador de velocidade fixa é basicamente um sistema multiplicador e um gerador assíncrono acoplado diretamente à rede pelo seu estator, com bancos de capacitores para compensar a energia reativa. A maioria das turbinas eólicas de alta potência que operam em parques eólicos são desse tipo (SIMÕES; COUTO; ESTANQUEIRO, 2019).

Nesse sistema são incorporados um gerador assíncrono de rotor bobinado padrão. As desvantagens de correr em velocidade fixa são as sobrecargas mecânicas que são geradas devido a rajadas de vento. Essas flutuações de potência no vento são traduzidas, ainda que filtradas, em flutuações na energia elétrica gerada. A instabilidade do vento é, portanto, um problema para o maquinário do aerogerador e para a rede de distribuição elétrica. O gerador assíncrono demanda energia reativa, outro inconveniente do ponto de vista da rede elétrica, e é corrigido com bancos de capacitores (MEDEIROS, 2019).

A estrutura de deslizamento variável consiste em um sistema multiplicador, um gerador assíncrono e resistências variáveis do rotor. Variando a resistência do rotor, o deslizamento é variado (entre 1% e 10%), o que permite que os aerogeradores absorvam os golpes do vento, reduzindo as cargas extremas no multiplicador, enquanto geram energia elétrica sem oscilações. A energia da rajada de vento é retirada por um ligeiro aumento na velocidade da corrente mecânica e pela dissipação em resistências no rotor (COSTA, 2018).

O sistema necessita de compensação de energia reativa por meio de bancos de capacitores, como no caso anterior. O controle é relativamente simples, o aumento de custos é pequeno e o gerador ainda é um gerador de rotor bobinado padrão, com um módulo de

resistor variável adicionado à parte traseira (SILVA, 2019).

O sistema que utiliza velocidade variável com gerador de dupla indução, é constituído por um sistema multiplicador e um gerador assíncrono cujo estator está ligado diretamente à rede e cujo rotor está ligado através de dois conversores de frequência. Com esta estrutura é possível regular a velocidade do sistema em uma faixa em torno da velocidade nominal. Os conversores não devem suportar a potência total da máquina, mas apenas uma fração dela, resultando em um equipamento eletrônico mais simples (NUNES, 2020).

Ao poder variar a velocidade, o sistema se aproxima de pontos de desempenho aerodinâmico mais altos. O gerador assíncrono é padrão, com rotor bobinado. Em altas velocidades do vento, a energia também é gerada pelo rotor. A potência de saída não tem flutuações. A potência reativa pode ser controlada, como no caso de um gerador síncrono. As rajadas não implicam sobrecargas no multiplicador, mas é uma energia que é utilizada para aumentar a velocidade. A desvantagem é o aumento de custo devido ao uso de eletrônicos de controle e conversão de energia mais sofisticados no rotor (ZAPAROLLI, 2019).

O sistema de velocidade variável com gerador síncrono multipolar é o mais complexo de todos. O sistema multiplicador é eliminado graças a um gerador síncrono multipolar, usando dois conversores para variar a velocidade no estator que lida com toda a potência da máquina. As vantagens do sistema são a melhoria do desempenho aerodinâmico, a potência de saída sem flutuações, o controle da energia reativa e, fundamentalmente, a eliminação do sistema multiplicador (TRALDI, 2014).

Quanto ao tipo de geradores elétricos usados em aerogeradores, existem dois tipos principais: com e sem caixa de engrenagens. Os primeiros trabalham a velocidades da ordem de 1000-2000 rotações por minuto (rpm). Como a velocidade de rotação das lâminas é baixa (entre 8 e 30 rpm), elas requerem o uso de um redutor para atingir uma velocidade de rotação adequada. As turbinas eólicas que não necessitam de caixa de engrenagens são conhecidas como acionamento direto e seus geradores são geralmente chamados de multipolos, pois para atingir uma alta frequência com baixa velocidade de rotação eles possuem mais de uma dúzia de polos (MARTINHO, 2016).

Na maioria dos casos, a velocidade de rotação do gerador está relacionada à frequência da rede elétrica na qual a energia gerada é descarregada (50 ou 60 Hz). Em geral, as pás estão localizadas de tal forma que o vento, em sua direção de fluxo, as encontre antes da torre (rotor de barlavento), o que reduz as cargas adicionais geradas pela turbulência da torre caso o rotor esteja localizado atrás dela (rotor a favor do vento). As pás são montadas a uma distância razoável da torre e possuem alta rigidez, de modo que ao girar e vibrar naturalmente não colidem com a torre em ventos fortes. O rotor geralmente é inclinado entre 4 e 6 graus para evitar o impacto das pás com a torre (SANTOS, 2017).

Apesar da desvantagem do aumento da turbulência, os aerogeradores têm sido construídos com o rotor localizado na parte traseira da torre, pois se orientam naturalmente contra o vento, sem a necessidade de utilizar um mecanismo de controle. No entanto, há a necessidade de um sistema de guinada para orientar a máquina contra o vento. Este tipo de montagem se justifica devido à grande influência que a turbulência tem no desgaste das pás por fadiga. A maioria das turbinas eólicas instaladas no Brasil são deste modelo

(PINHO; BARBOSA; PEREIRA, 2018).

As turbinas eólicas podem ser divididas em várias categorias em função das suas capacidades nominais: turbinas eólicas micro, pequenas, médias, grandes e ultra grandes, atendendo a cada tipo de sistema eólico, conforme a necessidade de geração, sendo este o tema do capítulo seguinte.

4. CLASSIFICAÇÃO DE SISTEMAS EÓLICOS

Com 208 milhões de habitantes, o Brasil é o maior estado da América do Sul e responde por quase metade da população do continente. Dessa forma, o país possui o mercado de energia mais importante da região. Ao mesmo tempo, a contribuição da produção de energia para o balanço de gás carbônico do país aumentou significativamente nos últimos anos. A segurança energética é uma questão política interna determinante (STEINDORFER, 2018).

O governo está se esforçando para diversificar a atual matriz energética nacional, que se baseia principalmente na energia hidrelétrica. As energias renováveis podem desempenhar um papel central devido às condições favoráveis. Por ter excelentes condições eólicas no Nordeste e no Sul do país, a energia eólica desempenha um papel especial, pois é estimado que o potencial gerador do Nordeste é de cerca de 140 gigawatts (GW) para energia eólica (COSTA et al., 2019).

O Brasil é mais conhecido pela grande proporção de energia hidrelétrica na matriz energética. Mas as capacidades neste setor estão lentamente se esgotando. Grandes barragens, como a de Belo Monte com uma produção de mais de 11.000 MW, dificilmente poderão ser construídas (PEREIRA, 2018).

A resistência das pessoas afetadas e das organizações ambientais continua a crescer. Além disso, as consequências para o meio ambiente, por exemplo sobre a fauna, são claras. A segurança energética também está ameaçada por secas nos meses de verão. A energia eólica pode fechar as lacunas que surgem (COSTA et al., 2019).

De acordo com o plano de desenvolvimento de energia do Ministério de Minas e Energia do Brasil, as capacidades de geração devem ser expandidas em cerca de 80 GW para um total de 224 GW até 2024. Como nos anos anteriores, as energias renováveis desempenham um papel importante. Em particular, a proporção de energia eólica e sistemas solares deve ser aumentada (BRASIL, 2021).

A energia eólica está desempenhando um papel cada vez mais importante no setor elétrico brasileiro. Em abril de 2019, o vento substituiu a bioenergia como a segunda fonte de energia mais importante para a geração de eletricidade. Em agosto de 2019, a agência reguladora de energia elétrica Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) contava com 616 parques eólicos com potência total de 15,1 GW instalados, 15% a mais que no mesmo mês do ano anterior. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2021), outros 4,6 GW estão em construção.

O modelo de leilão brasileiro e os programas de financiamento do Estado ajudaram a energia eólica a atingir um avanço nos últimos anos e favoreceram o estabelecimento de unidades de produção. Enquanto apenas 600 MW foram instalados em 2009, em dezembro de 2015 a energia eólica com 8,7 GW já fornecia 6,2% da capacidade de geração de energia elétrica do país. A previsão é de uma expansão para 24 GW até 2024. Isso torna a energia eólica a tecnologia de crescimento mais rápido entre as energias renováveis no Brasil (ABEEÓLICA, 2021).

4.1 Isolados

Os sistemas isolados de energia eólica, baseados em bateria, não são conectados à rede convencional de fornecimento de energia de uma determinada região nem utilizam a associação com outra fonte de energia para geração de eletricidade. Geram eletricidade para o armazenamento em baterias, podendo ser usado inclusive em locais onde não há fornecimento primário de energia elétrica da empresa de serviços públicos (STEINDORFER, 2018).

Esses sistemas são populares entre os usuários que desejam a independência da empresa de serviços públicos locais e são necessárias para aqueles que vivem em áreas geográficas remotas, onde as linhas de energia elétrica da empresa de serviços públicos não alcançam. Os sistemas isolados, por serem baseados em bateria são limitados pelo tamanho do banco de bateria, a turbina e o fornecimento de vento consistente (PINTO, 2019).

4.2 Híbridos

Quando as turbinas eólicas estão conectadas a uma rede pequena ou isolada, a potência de saída de outros geradores deve ser variada em resposta a essas variações e flutuação, a fim de manter a frequência e a tensão do sistema dentro de limites predeterminados. Para isso, é vantajoso integrar o vento e outras fontes de energia complementares para formar sistemas de energia híbridos para garantir a estabilidade e a confiabilidade do fornecimento de energia e reduzir o requisito de armazenamento de energia eólica (COSTA et al., 2019).

Apesar das suas vantagens, a produção de eletricidade e as instalações de energias renováveis são particularmente interessantes em regiões isoladas apenas onde as necessidades de eletricidade são baixas, utilizadas principalmente para fornecer vários dispositivos como dispositivos de sinalização rodoviária ou mesmo sistemas de controle de tráfego, telecomunicações, teledetecção e monitorização remota (RIBEIRO, 2020).

Em locais isolados, a procura de eletricidade é bastante elevada e as fontes de energia renováveis, incluindo a eólica, apesar do seu interesse premente, não cobrem todas as necessidades de energia elétrica, daí a necessidade de hibridização entre estes tipos de energia e a geração a diesel. De fato, a maioria das comunidades isoladas no Brasil está

localizada em áreas onde os recursos eólicos são suficientes (BEZERRA, 2019).

No entanto, a intermitência e oscilações dessa energia, sua imprevisibilidade e o desequilíbrio entre produção e consumo exigem o acoplamento de geradores diesel aos aerogeradores por meio de um sistema híbrido eólico-diesel. Assim, a eletricidade é fornecida de forma contínua com redução do uso de geradores a diesel, menor consumo de combustível, redução das emissões de gases de efeito estufa e custos de produção de eletricidade (GOUVÊA; SILVA, 2018).

O sistema eólico-diesel combina um ou mais geradores a diesel em paralelo com uma ou mais turbinas eólicas para obter a máxima contribuição dos recursos eólicos enquanto fornece energia elétrica de qualidade constante. Também inclui turbinas e geradores eólicos, conversores, um sistema de regulação, controle, gerenciamento de carga e supervisão, etc (COSTA, 2018).

4.3 Interligados à rede

A multiplicidade de instalações eólicas ao longo do território brasileiro é favorável a uma correlação entre consumo e produção de energia eólica, como demonstram os estudos sobre a expansão da energia eólica. A expansão eólica é o fenômeno estatístico que significa que, pela multiplicação espacial das instalações eólicas em um determinado território, o valor mínimo da potência injetada pelo conjunto é maior que a soma das potências mínimas de cada uma delas. Assim, a multiplicação de aerogeradores (sujeitos a diferentes velocidades do vento) geralmente leva a uma suavização da potência gerada (TRALDI, 2014).

Esta contribuição da energia eólica pode ser melhorada pela gestão combinada dos recursos eólicos e hídricos, por exemplo. No entanto, isso determina grandes revisões do plano de segurança da rede elétrica. O fato de não participar dos serviços do sistema (ajuste de tensão, frequência, partida autônoma ou blackstart, possibilidade de operar em modo ilha, etc.) leva os aerogeradores a se comportarem como geradores passivos do ponto de vista elétrico (MARTINHO, 2016).

O ajuste de tensão e frequência é, portanto, transferido para alternadores convencionais. A taxa de penetração da energia eólica, ou seja, a potência gerada pelos aerogeradores em relação à potência total consumida, deve então ser limitada para poder garantir a estabilidade da rede em condições aceitáveis (CUNHA, 2019).

Os sistemas eólicos interligados à rede, com backup de bateria, são conectados à rede da empresa de serviços locais como fonte de energia primária, enquanto também carregam bancos de bateria com eletricidade derivada do vento. Uma vez que os bancos de bateria estão cheios, o excesso de eletricidade é transferido através de linhas de energia para a empresa de serviços públicos para créditos de energia, que são aplicados como descontos para a conta de eletricidade do proprietário (FADIGAS, 2012).

Esses sistemas podem pagar por si próprios em créditos de contas de serviços públicos enquanto oferecem a eletricidade armazenada em bateria de emergência do pro-

prietário durante as interrupções de energia da empresa de serviços públicos devido a tempestades ou falhas na rede de serviços públicos (STEINDORFER, 2018).

Os sistemas de energia eólica com ligação à rede são conectados diretamente à rede elétrica sem bancos de bateria de backup. A empresa de serviços elétricos serve como a principal fonte de energia elétrica, enquanto a eletricidade excedente gerada pelo vento é enviada através de linhas de energia para a empresa de energia elétrica para crédito para a conta de eletricidade. A eliminação de baterias, que são de alto custo de aquisição e requerem manutenção, tornam este sistema mais econômico. No lado negativo, quando a rede elétrica falha devido a intempéries ou mau funcionamento, o mesmo acontece com o sistema (PEREIRA, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia eólica surge da captação da energia cinética de uma massa de ar em movimento. É possível explorar essa energia através do uso de geradores de energia elétrica, moinhos de vento que produzem energia mecânica, bombas de água bombeadas por água ou mesmo velas que impulsionam os navios.

A energia eólica é uma alternativa aos combustíveis fósseis, sendo abundante, renovável e sustentada pela economia verde, amplamente distribuída, limpa, não produz emissões de gases de efeito estufa durante a operação e requer uma superfície do solo excessivamente alta. Os efeitos sobre o meio ambiente geralmente são menos problemáticos que os de outras fontes de energia. O custo por unidade de energia produzida é semelhante ao custo que pode ser relacionado a novas usinas de gás natural e carvão.

A energia eólica é uma fonte estável ano após ano, mas tem uma variação significativa em escalas de tempo mais curtas. A intermitência do vento raramente cria problemas quando é usado para fornecer até 20% da demanda total de eletricidade, mas se a demanda for maior, há necessidade de utilização da rede de distribuição convencional.

Alguns métodos para gerenciar a energia produzida, como ter sistemas de armazenamento (como estações de bombeamento), turbinas geograficamente distribuídas, fontes alternativas, operações de exportação e importação de energia para áreas vizinhas, ou reduzir a demanda quando a produção de vento é baixo, pode reduzir muito estes problemas. Além disso, as previsões meteorológicas permitem que a rede elétrica seja preparada antecipadamente, dependendo das variações esperadas na produção. Grandes parques eólicos são compostos por centenas de turbinas eólicas individuais conectadas à rede de transmissão de energia.

Conclui-se que as empresas de eletricidade estão cada vez mais interessadas no apoio dessa energia para suprir a crescente demanda por energia elétrica, especialmente em locais densamente povoados e altamente dependentes de tecnologias, como os grandes centros urbanos.

Referências

- ABEEÓLICA – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Energia solar cresce 70% no Brasil apesar da pandemia e espera 2021 positivo**. São Paulo, 18/01/21.
- BEZERRA, F. D. **Energia eólica no nordeste**. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza, ano 4, n. 66, fevereiro 2019. BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2020.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Empreendimentos eólicos ao fim da vida útil: situação atual e alternativas futuras**. Brasília: EPE, 2021.
- CORDEIRO, S. S. B. et al. Estudo de viabilidade para aplicação de energia eólica em residências populares. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 14642-14651, mar. 2020. COSTA, H. S. Negócios do vento no Nordeste brasileiro. **Congresso em foco**, Brasília, mar. 2018.
- COSTA, M. A. de S. et al. Impactos Socioeconômicos, Ambientais e Tecnológicos Causados pela Instalação dos Parques Eólicos no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia** [online]. v. 34, n. 3, p. 399-411. 2019.
- CUNHA, E. A. A. Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.4, p.689- 697, 2019.
- CUSTÓDIO, R. dos S. **Energia Eólica Para Produção de Energia Elétrica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2013.
- DIUANA, F. A. **Estudo do Impacto da Penetração Eólica no Subsistema Sul do Brasil**. 2017. 213 p. Dissertação (Mestrado – Planejamento Energético). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.
- DUTRA, R. M. Energia Eólica – **Estado da Arte e Princípios Físicos**. Brasília: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) – ELETROBRAS. 2013.
- FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Eólica**. 1. ed. Barueri/SP: Manole, 2012.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 3. ed. rev. amp. 2. reimpr. São Paulo: EDUSP, 2012.
- GOMES, L. E. B; HENKES, J. A. Análise da energia eólica no cenário elétrico: aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. v. 3, p. 463-482. 2015.
- GOUVÊA, R. L. P. de; SILVA, P. A. da. Desenvolvimento do setor eólico no Brasil. **R. BNDES**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 49, p. 81-118, junho 2018.
- LIMA, M. M. de. **Sistemas de armazenamento em parques eólicos considerando PLD horário e situações de constrained off**. 2021. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Energia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.
- LOPEZ, R. A. **Energia Eólica**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2012.
- MARTINHO, F. M. Energia Eólica: Estudos e Reflexões sobre a viabilidade do potencial dessa matriz energética no Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, Ano 1. Vol. 10, p. 25-38. 2016.
- MEDEIROS, M. L. A. **Cadeia de valor da energia eólica: diretrizes e boas práticas para o Brasil**. 2019. 128 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia de Produção). Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- MELO, D. C. de. **Framework de um sistema especialista de análise econômica para empreendimentos de usinas eólicas**. 2020. 152 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- NUNES, J. P. C. S. **Energia eólica offshore: um estudo de caso para Análise da viabilidade técnico-econômica de uma usina próxima à costa do Rio Grande do Norte**. 2020. 218f. Dissertação (Mestrado - Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.
- OLIVEIRA, A. de; PEREIRA, O. S.; VEIGA, J. E. da. **Energia Eólica**. São Paulo: Senac, 2012.

PEREIRA, G. M. **Modelagem e simulação do sistema de geração de energia eólica aplicada em uma torre vertical**. 2018. 135f. Dissertação (Mestrado - Engenharia de Controle e Automação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/171481/PFC-20151-GuilhermeMartinsPereira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 02 mar. 2022.

PINHO, J. T.; BARBOSA, C. F.; PEREIRA, E. J. S. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2018.

PINTO, M. **Fundamentos de energia eólica**. 1. ed. São Paulo: LTC, 2013.

PINTO, T. **Geração distribuída, penetração harmônica e endogênese: estudo de caso**. 2019. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória, 2019.

REIS, L. B. dos; SANTOS, E. C. **Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais**. 2. ed. rev. amp. Barueri/SP: Manole, 2014.

RIBEIRO, P. F. **Desenvolvimento da indústria eólica no Brasil nos últimos 20 anos**. 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado - Engenharia de Produção). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas, Ouro Preto - MG, 2020.

ROSSI, P. H. J; OLIVEIRA, C. P. de. **Perguntas Frequentes sobre Energia Eólica**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. 2017.

SANTOS, L. T. **Avanços da energia eólica no Brasil: uma análise das políticas públicas e seus resultados**. 2017. 98f. Dissertação (Mestrado - Engenharia e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Espírito Santos, Vitória, 2017.

SILVA, A. J. V. C. **Potencial Eólico no Brasil: Localização de Áreas Nobres Através de Análise Multi-critério**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, R. A.; AZEVEDO, F. F. O desenvolvimento do setor eólico no Brasil e no mundo. **Formação (Online)**, v. 28, n. 53, p. 809-828, 2021. Disponível em: . Acesso em: 12 abr. 2022.

SIMÕES, T., S., COUTO, A., ESTANQUEIRO, A. **Contribuição da repotenciação de centrais eólicas para as metas do PNEC 2030**. LNEG - Laboratório Nacional de Engenharia e Geologia. Manutenção Eólica. Julho de 2019.

STEINDORFER, F. **Energias Renováveis**. Curitiba: Juruá, 2018.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2012.

TRALDI, M. **Novos Usos do Território no Semiárido Nordeste: Implantação de parques eólicos e valorização seletiva nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN)**. 2014. 272f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, São Paulo, 2014.

ZAPAROLLI, D. Ventos promissores a caminho. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 275, 2019.

CAPÍTULO 33

ESTUDO SOBRE A IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA DAS ONDAS E DAS MARÉS

STUDY ON THE DEPLOYMENT OF WAVE AND TIDAL ENERGY

Flaviane De Jesus Silva Pimenta¹

Rafael Brito de Sousa Veras²

Angelo Marcelo Vaz Delago³

1 Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

2 Mestre em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Doutorando em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís-MA

3 Engenheiro Eletricista, Universidade Federal do Maranhão (UFMA), São Luís-MA

Resumo

O objetivo desse trabalho dissertativo de conclusão de curso foi identificar, por meio de revisão de literatura, os principais aspectos relacionados à utilização das águas oceânicas para geração de energia. A metodologia aplicada foi a revisão de literatura, com base em livros, trabalhos científicos e artigos publicados entre 2012 e 2022. Foram descritos e classificados os tipos de fontes de energia, assim como as formas de obtenção de energia elétrica a partir das ondas e das marés. Em seguida foram destacadas as potencialidades de geração de energia a partir dessas duas fontes no Brasil, com ênfase na Usina de ondas de Pacem, no Ceará. Dessa forma, conclui-se que é importante que os profissionais de engenharia elétrica estejam se preparando para atender as possíveis demandas desse novo mercado, diante da envergadura do Brasil em sempre buscar ampliar e diversificar suas fontes produtoras de eletricidade, e de fato, da ampliação da matriz energética nacional ter se tornado uma realidade. A cada ano a importância de outras fontes renováveis cresce na geração elétrica nacional, o que pode também se tornar uma realidade a partir da implantação de projetos baseados nas energias das marés e oceanos.

Palavras-chave: Eletricidade; Geração de Energia; Energias Oceânica.

Abstract

The objective of this course conclusion dissertation was to identify, through a literature review, the main aspects related to the use of ocean waters for energy generation. The methodology applied was a literature review, based on books, scientific works and articles published between 2012 and 2022. The types of energy sources were described and classified, as well as the ways of obtaining electricity from waves and waves. tides. Next, the potential for generating energy from these two sources in Brazil was highlighted, with emphasis on the Pacem Wave Power Plant, in Ceará. In this way, it is concluded that it is important that electrical engineering professionals are preparing to meet the possible demands of this new market, given the size of Brazil in always seeking to expand and diversify its sources of electricity, and in fact, the expansion of the national energy matrix has become a reality. Every year the importance of other renewable sources grows in the national electric generation, which can also become a reality from the implementation of projects based on the energies of the tides and oceans.

Keywords: Electricity; Power Generation; Ocean Energies

1. INTRODUÇÃO

A humanidade é cada vez mais dependente da utilização de energia elétrica, pois ela é usada para realização de atividades primordiais, desde o fornecimento de energia para iluminação, que permite que trabalhos sejam realizados a noite. Ela também mantém os sistemas relacionados a internet, sendo para alimentar servidores ou aparelhos de refrigeração de servidores. Sustenta equipamentos clínicos, dando direito a vida de pessoas que dependem de aparelhos eletrônico para viver.

Tendo tanta importância, é vasto os estudos relacionados a este assunto. Uma grande preocupação é de onde tirar energia, para isso foram criados e descobertos vários métodos de extração e transformação das energias. Um exemplo são as energias renováveis, que partiram da preocupação das fontes esgotáveis de energia acabarem e do interesse em ter energia limpa para diminuir ou exterminar os danos ao meio ambiente.

O impacto ao meio ambiente é uma variável que faz parte de todo projeto depois que as pessoas começaram a sentir os pontos negativos com a falta de cuidado a natureza. Não é possível extrair sem repor, senão entra em extinção. Por isso a necessidade de elementos que se renovam. E as formas de obter a energia elétrica precisou ser alterada e/ou complementada com outras fontes.

As energias renováveis são aquelas cuja as fontes duram um longo período de tempo ou são consideráveis inesgotáveis, se comparado com a vida humana na terra. Alguns exemplos são as energias extraídas do sol, do vento, das marés, das ondas, do calor, das águas de rios, entre outras. O estudo sobre energias renováveis não é um assunto novo, há tempos a comunidade científica vem apresentando projetos importantes na área, contudo a comercialização dessas energias está ganhando espaço aos poucos no mercado e tornando o assunto cada vez mais discutido.

Com mais de 8.000 quilômetros de litoral, com zonas que podem ser aproveitadas para geração de energia oceânica, e uma crescente população urbana que produz toneladas de resíduos sólidos, que podem ser utilizados para geração de biomassa, essas duas fontes alternativas se tornam opções interessantes para geração energética nacional. Desta forma tem-se a seguinte questão norteadora: quais as potencialidades e limitações técnicas da geração de energia pela força das ondas e das marés em grande escala no Brasil?

Quanto ao objetivo geral, foi definido para esse trabalho dissertativo de conclusão de curso: identificar, por meio de revisão de literatura, os principais aspectos relacionados à utilização das águas oceânicas para geração de energia. Quanto aos objetivos específicos, foram delimitados traçados: descrever a classificação e os tipos de fontes de energia; apontar as formas de obtenção de energia elétrica a partir das ondas e das marés; e destacar as potencialidades de geração de energia a partir dessas duas fontes no Brasil.

A metodologia aplicada foi a revisão de literatura, com base em livros, trabalhos científicos e artigos publicados em periódicos, inclusive aqueles disponíveis em meios eletrônicos, incluindo as bases de dados online Google Acadêmico e Scientific Electronic



Library Online (SciELO), assim como o banco de dados da Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) do Ministério da Educação. Foram pesquisados os termos, juntos e/ou separados: energia renovável, maremotriz e ondomotriz. Foram incluídos trabalhos publicados entre 2012 e 2022, cujos conteúdos estavam disponíveis na íntegra e escritos em português e/ou inglês.

2. FONTES CONVENCIONAIS E NÃO-CONVENCIONAIS DE ENERGIA

As fontes energia podem ser classificadas de diversas formas. A classificação básica as definem de dois tipos: primárias ou secundárias. As fontes primárias são aquelas que estão disponíveis na natureza em forma bruta, como carvão, petróleo, gás natural, vento, água, minério de urânio, radiação solar, fluido geotérmico, ondas e marés oceânicas. Assim, as fontes primárias incluem as convencionais e não convencionais, além das renováveis e não renováveis (GOLDENBERG; LUCON, 2012).

As fontes secundárias de energia são aquelas utilizáveis e fornecidas ao usuário para consumo na forma de energia elétrica, vapor, água quente, GLP em cilindros ou linhas de tubulação, dentre outras. As fontes de energia fóssil, nuclear e hidrelétrica são consideradas convencionais, enquanto outras não são convencionais, incluindo energia hidrelétrica, também consideradas fontes renováveis de energia (HINRICHES; KLEINBACH; REIS, 2014).

Os recursos energéticos não renováveis são aqueles que não são reabastecidos após o seu consumo, por exemplo, o carvão, uma vez queimado, é consumido sem a substituição do mesmo. Portanto, os recursos que são formados muito lentamente na natureza e que provavelmente serão esgotados em poucas décadas, por isso são chamados de não-renováveis (TUNDISI, 2010), não sendo o foco dessa pesquisa.

As fontes renováveis de energia são aquelas que são renovadas pela natureza repetidamente e seu suprimento não é afetado pela taxa de consumo. As energias eólica, solar, das ondas oceânicas, geotérmica e hidráulica estão nessa classe. Fontes alternativas de energia são aquelas que não são tradicionais, se constituindo em opções às fontes convencionais.

As fontes renováveis, fontes alternativas ou fontes não-convencionais de energia são aquelas de origem não fósseis, que envolvem energia eólica e solar armazenada como energia interna no ar (aerotérmica), abaixo da superfície da terra (geotérmica) e água (hidrotermal), energia oceânica, energia hidrelétrica, biomassa, gás de aterro produzido em centrais e tratamento de águas residuais e biogás (REIS, 2017).

Não é possível armazenar a energia gerada pelas fontes renováveis em sua forma natural original, devem ser convertidas continuamente em eletricidade, que é transmitida, distribuída e utilizada sem armazenamento a longo prazo. As energias renováveis podem estar disponíveis gratuitamente, portanto, o consumo destas deve ser maximizado visando auxiliar na conservação da disponibilidade das não renováveis por mais algumas décadas/séculos.

A energia alternativa tem recebido mais atenção de pesquisadores nacionais e internacionais à medida que a poluição proveniente de combustíveis fósseis se torna mais aparente e sua escassez se torna eminente. O aquecimento global e o declínio da qualidade do ar são dois efeitos da dependência da sociedade dos combustíveis fósseis. Ao introduzir fontes alternativas de energia na vida diária da população, é possível ajudar a preservar o meio ambiente e reduzir o uso de combustíveis à base de petróleo, que são cada vez menos acessíveis (PALZ, 2012).

Relegada às áreas rurais e ermas, a energia alternativa tem se tornado uma opção crescente para zonas urbanas e empresas que querem ser ecologicamente corretas e reduzir seus custos operacionais com eletricidade ao mesmo tempo. Opções para energia alternativa incluem energia eólica, a hidráulica, as provenientes de usinas de beneficiamento de biomassa, energia solar e nuclear (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014).

O uso de energia alternativa pode evitar a poluição causada por combustíveis fósseis e economizar dinheiro em aquecimento e energia elétrica. O avanço da tecnologia na extração de energia com suporte em recursos renováveis continua a se desenvolver para tornar a energia alternativa mais compacta e eficiente para coletar (ROSA, 2014).

2.1 Tipos de fontes de energia

As fontes de energia que não podem ser compensadas, uma vez utilizadas após a sua exploração, são denominadas como fontes de energia convencionais, como o carvão, petróleo e seus derivados, gases naturais, madeiras de combustível, hidrelétrica e nuclear (ROSA, 2014).

O carvão é uma das fontes de energia convencionais essenciais. Foi formado a partir dos restos das árvores e samambaias que cresceram em pântanos a cerca de 500 milhões de anos atrás. A decomposição bacteriana e química de tais detritos vegetais, que permaneceram enterrados sob água ou argila, produziu um produto intermediário conhecido como turfa, que é principalmente celulose. Devido à decomposição progressiva pelo calor e pressão, a celulose perdeu a umidade e foi convertida em carvão. Dos estoques de carvão de 6000 bilhões de toneladas sob crosta terrestre, 200 toneladas foram exploradas até o momento (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014).

O petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos, principalmente alcanos e cicloalcanos. Ocorre abaixo da crosta terrestre aprisionada sob estratos rochosos. Na sua forma bruta, o líquido preto viscoso é conhecido como petróleo e um gás em contato com a camada de petróleo que flui naturalmente dos poços de petróleo é denominado como gás natural. A composição do gás natural é uma mistura de principalmente metano (95,0%), pequenas quantidades de etano, propano e butano (3,6%) e vestígios de gás carbônico (0,48%) e Nitrogênio (1,92%) (PALZ, 2012).

Uma mistura líquida de propano e butano pode ser obtida com suporte em gás natural ou gases de refinaria de petróleo à temperatura ambiente sob uma pressão de 3-5 atmosferas. Esta é armazenada e distribuída em cilindros de aço com capacidades variadas, sendo amais comum de 13 quilos, de uso doméstico. O petróleo bruto após ser

refinado e purificado, disponibilizado como gasolina, diesel, querosene, óleo lubrificante, plástico, etc. para uso comercial e doméstico. Em termos mundiais, os principais depósitos de petróleo são encontrados na Arábia Saudita, Iraque, Irã, Kuwait, Estados Unidos da América, Brasil, dentre outros. Dados recentes mostram que os depósitos mundiais de petróleo estão diminuindo em um ritmo muito rápido e que se medidas preventivas não forem tomadas, o petróleo existente estará disponível por no máximo mais 40 anos (GOLDENBERG; LUCON, 2012).

A energia obtida do fluxo de água ou da água que cai de um potencial mais alto para um potencial menor é conhecida como energia hídrica, que é convertida em elétrica. É uma forma convencional e renovável de energia que pode ser transmitida para longa distância através de cabos e fios. É a principal fonte utilizada no Brasil, representando mais de 70% da matriz energética (TUNDISI, 2010).

Por sua vez, a energia nuclear é obtida com suporte em uma pequena quantidade de substância radioativa, a qual pode produzir muita energia através do processo de fissão nuclear. Por exemplo, uma tonelada de urânio pode fornecer energia muito superior a três milhões de toneladas de carvão ou 12 milhões de barris de petróleo. Para obter energia nuclear, são necessários reatores nucleares, existindo cerca de apenas 300 em todo o mundo. O Brasil tem apenas duas usinas nucleares (REIS, 2017).

A energia nuclear pode ser usada para produzir energia elétrica, empregada como combustível para embarcações marinhas, como submarinos, e naves espaciais, além de geração de calor em plantas de processamento químico. Os grandes dilemas do uso de substâncias radioativas para geração de energia são (TOLMASQUIM, 2016): o fato de serem esgotáveis e podem ser usadas para desenvolver armas nucleares de destruição em massa. Além disso, o despejo ou os resíduos radioativos causam sérios riscos ambientais, risco de contaminação das áreas em que são instalas.

As fontes de energia convencionais discutidas anteriormente nesse trabalho são esgotáveis e, em alguns casos, a instalação de usinas para obter energia apresentam altos custos. A fim de atender à demanda de energia do aumento da população, foram desenvolvidas fontes alternativas de recursos naturais não convencionais que são renováveis e oferecem menor impacto no ambiente, especialmente em relação a poluição (REIS, 2017).

Conforme Rosa (2014), algumas fontes de energia não convencionais, renováveis e cujos custos de geração tem reduzido nos últimos anos são a energia solar, eólica, geotérmica, das marés, baseadas em biomassa e biogás. A energia solar, uma fonte de energia primária, é inesgotável e não poluente. Existem três métodos básicos para aproveitar a energia solar.

O primeiro é em usinas de energia solar, onde é possível converter de energia solar de forma direta em energia elétrica, usando células fotoelétricas ou células fotovoltaicas ou células solares de silício. O segundo é o uso de processo fotossintético e biológico para captura de energia. No processo de fotossíntese, as plantas verdes absorvem a energia solar e a convertem em energia química, armazenada na forma de carboidrato. E, o terceiro é com o uso de dispositivos adequados é possível converter energia solar em energia térmica, que pode ser posteriormente convertida em energia mecânica, química ou elétrica (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2014).

Como a energia solar não é esgotável e sua conversão para alguma outra forma de energia não é poluente, deve-se prestar atenção para a utilização máxima da energia solar, especialmente no Brasil, onde a posição geográfica e as condições climáticas e de incidência solar são favoráveis à sua captação em diversas regiões (TOLMASQUIM, 2016). A energia eólica provém do vento, que é o ar em movimento, o qual ocorre devido à corrente de convecção estabelecida na atmosfera, que é também decorrente do aquecimento da superfície da Terra por radiação solar, rotação da terra, etc. O movimento do ar ocorre tanto na horizontal como na vertical.

Como o vento tem uma enorme quantidade de energia, esta pode ser convertida em energia mecânica ou elétrica usando dispositivos adequados, que é posteriormente usada para bombear água, moagem de milhos, dentre outras aplicações além de ser uma opção de relativo baixo custo para a geração de energia elétrica alternativa, ao ser recolhida energia do vento com um aerogerador obtendo-se eletricidade, que é então armazenada ou usada para alimentar máquinas, iluminação e abastecimento de residências (MOREIRA, 2021).

A energia geotérmica pode ser definida como a energia calorífica obtida das rochas quentes presentes no interior da região mais profunda da crosta terrestre, a rocha sólida é derretida no magma, devido à alta temperatura. A camada de magma é empurrada para cima devido a algumas mudanças geológicas e fica concentrada abaixo da crosta terrestre. Os locais de concentração de magma quente a uma profundidade bem menor são conhecidos como pontos quentes (GOLDEMBERG; PALETTA, 2012).

3. FORMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIAS OCEÂNICAS E DE MARÉS

À medida que o mundo busca depender menos de fontes de energia não renováveis, começam a ser explorados métodos novos e inovadores de geração de energia, cuja característica de ter efeitos mínimos sobre os ambientes e comunidades circundantes, se comparados às fontes fósseis, os tornam ainda mais atrativos à pesquisa e aos investimentos em tecnologias para sua produção em escala industrial (OLIVEIRA, 2021).

As energias oceânicas, energias marinhas ou ainda energias azuis envolvem tecnologias através das quais a eletricidade é gerada no ambiente marinho, designando todas as formas de exploração de recursos renováveis do meio marinho: marés, correntes, ondas, calor, salinidade, biomassa e ventos. As forças e fenômenos em ação (o Sol, o vento, o movimento da água, o calor refletido pela Terra) na superfície da água e em sua profundidade constituem notáveis matérias-primas energéticas, ainda pouco exploradas no mundo (JUNG, 2015).

Dentre as energias dos oceanos que podem permitir obter eletricidade verde no futuro, pode-se mencionar a energia térmica dos mares, que explora os gradientes de temperatura entre águas superficiais e águas profundas nas zonas equatoriais, a energia osmótica aproveitando a diferença de salinidade entre as águas, ou biomassa marinha, que utiliza algas e fitoplânctons por gaseificação, fermentação ou combustão (ESTEFEN, 2016).



Quanto às marés e ondas, são dois fenômenos naturais que ocorrem na água dos mares e oceanos e, embora sejam semelhantes por estarem relacionados aos corpos d'água, sua capacidade de gerar energia varia sob muitos aspectos, em termos de produção, potência e confiabilidade (RICARTE, 2017).

As tecnologias para possibilitar que as energias dos oceanos possam ser aplicadas para produção de eletricidade, em sua maioria, ainda se encontram em fase de pesquisa ou experimental, representando apenas 0,05% da produção mundial de energias renováveis. No entanto, seu potencial é mais do que animador, pois a produção de 100.000 Terawatt-hora (TWh) de eletricidade por ano de fontes oceânicas seriam técnica e economicamente exploráveis, sabendo-se que o consumo de eletricidade no mundo foi de 23.000 TWh em 2018, o potencial marinho gera interesse de investimentos (GONZÁLEZ-GORBEÑA et al., 2015).

Destaca-se ainda que o planeta é mais de 70% coberto por oceanos e mares, que contêm enormes quantidades de fluxos de energia que têm basicamente duas origens: a energia solar, que ocasiona os ventos, as ondas, as grandes correntes marítimas e as diferenças de temperatura do mar; e, a variação da gravitação devido às respectivas posições da Terra em relação à Lua e ao Sol, gerando as marés. Na busca de novas fontes de energia que emitam menores quantidades de gases de efeito estufa, as energias marinhas podem contribuir para a diversificação do mix energético global (FONSECA, 2017).

3.1 Energia das ondas

A energia das ondas refere-se à produção de energia elétrica a partir das ondas. Muitos sistemas estão sendo estudados, alguns já foram testados no mar, mas nenhum ainda atingiu a maturidade industrial: construir uma estrutura robusta o suficiente para resistir às forças de ondas extremas é um desafio tecnológico e econômico (CISCO et al., 2020).

Existe um vasto inventário de soluções de energia das ondas, algumas submersas, outras instaladas à superfície, em terra ou offshore. Os sistemas de captura de energia variam de um protótipo para outro: captura de energia mecânica na superfície (ondulações) ou debaixo d'água (translações ou movimentos orbitais), captura de variações de pressão quando as ondas passam (variações de nível de água) ou captura física de um corpo de água (através de um reservatório).

Os processos existentes ou em estudo podem ser classificados em 6 sistemas principais. A corrente flutuante articulada é um sistema composto por uma série de flutuadores longos que são alinhados na direção do vento perpendicularmente às ondas e cuja cabeça é ancorada ao fundo do mar por um cabo. As ondas criam uma oscilação da cadeia (QUINTINO, 2018).

Essa oscilação é explorada nas juntas para comprimir um fluido hidráulico que, por sua vez, aciona uma turbina. Este é o processo mais conhecido usando energia das ondas. Exemplo: Estrutura Pelamis, inicialmente testada em Portugal, com potência de 750 kilowatt (kW). É composto por 5 flutuadores articulados, pesa 1.350 toneladas e tem um comprimento total de 180 metros para um diâmetro de 4 metros (PIOVANI; TRIGOSO,

2020).

O sistema Pelamis é o mais avançado dos sistemas de energia das ondas, tendo já sido instalados 3 protótipos ao largo de Portugal e da Escócia. No entanto, estes ainda estão sujeitos a dificuldades técnicas. A extrema violência do mar em condições tempestuosas é, de fato, suscetível de quebrar os elementos físicos mais robustos. Para superar isso, o uso de instalações submersas é uma interessante via de pesquisa (PROGÊNIO; BARBOSA JUNIOR; SOUZA, 2017).

A parede oscilante submersa é um sistema giratório impulsionado pelo movimento orbital da água à medida que as ondas passam. Essas oscilações possibilitam acionar bombas para comprimir e turbinar um fluido hidráulico. Exemplo: Protótipos Oyster, desenvolvidos pela Aquamarine Power e testados na Escócia, com potência de quase 300 kW testado a partir de 2009, Oyster 2 em projeto com potência de 2,4 MW (MACHADO, 2016).

A coluna oscilante verticalmente é uma estrutura flutuante montada na superfície do mar e transformando todos os movimentos horizontais ou verticais em deslocamentos de pesos (elementos que utilizam a força centrífuga para criar trabalho). A energia ligada aos pesos em movimento é usada para acionar uma bomba e pressurizar um fluido hidráulico que permite girar uma turbina que, por sua vez, aciona um alternador. Uma variante possível é usar o deslocamento diretamente para acionar o alternador. Exemplo :Sistema Wavebob, desenvolvido desde 1999 e testado desde 2006 na Irlanda (SESMIL, 2019).

O sensor de pressão submerso é um sistema ancorado no fundo do mar que usa o movimento orbital das ondas para comprimir o fluido hidráulico. O sensor mais simples de usar é um balão. É possível montar uma rede de sensores e coletar o fluido comprimido em terra onde é turbinado para produzir eletricidade. Exemplo: Protótipos CETO, desenvolvidos pela Carnegie na Austrália na unidade CETO III em fase de comercialização desde 2009 com projetos internacionais, um protótipo deste tipo encontra-se submerso pela EDF nas águas do Reino Unido (ZANDOMENEGO; D'AQUINO, 2016).

O sistema de coluna de água é composto por uma estrutura flutuante de aço ou concreto, aberta na base e fechada na parte superior. As ondas fazem com que o nível da água na coluna suba e desça. Isto tem o efeito de comprimir e descomprimir alternadamente o ar retido na parte superior da coluna. O ar então ativa uma turbina bidirecional para produzir eletricidade. Este sistema pode ser instalado offshore ou em terra, sendo um exemplos o Protótipo Oceanlinx desenvolvido na Austrália, com potência de 450 kW (DALLA VECCHIA, 2016).

Os conversores de energia das ondas são baseados no princípio de galgamento de ondas, sendo um sistema de travessia que retém a água das cristas das ondas, criando sobrepressão no reservatório. O volume de água retida é turbinado, por exemplo, tem-se o conversor SCG (Slot-Cone Generator) da Wave Energy testado na Noruega (VICINANZA et al., 2012).

Para funcionamento do Conversor SCG (Slot-Cone Generator) da Wave Energy, mostrado na Figura 3, núcleo do sistema é um gerador Seawave Slot-cone (SSG) com vários reservatórios para capturar energia de ondas de altura variável. O primeiro resultado da

Wavessg foi uma turbina multiestágio cujo rotor único foi projetado especificamente para uso com o SSG. Para evitar a entrada de ar na turbina, foi necessário criar um sistema de vedação específico. Um conjunto de sensores também foi desenvolvido para coletar informações valiosas sobre a altura da onda, potência e outros parâmetros importantes. O protótipo Wavessg foi amplamente testado em laboratório (VICINANZA; SALERNO; BUCCINO, 2015).

O SSG emprega vários reservatórios colocados uns sobre os outros, nos quais a energia das ondas de entrada é armazenada como energia potencial. Em seguida, a água captada passa por turbinas para a produção de eletricidade. O sistema funciona sob um amplo espectro de diferentes condições de onda, proporcionando uma alta eficiência geral. Pode ser adequado para aplicações costeiras e quebra-mares e apresenta vantagens particulares, como compartilhamento de custos de estrutura, disponibilidade de conexão à rede e recirculação de água dentro do porto, pois a saída das turbinas fica na parte traseira do sistema (VICINANZA et al. 2012).

3.2 Energia das marés

As marés são definidas como as subidas e as descidas do nível do mar causadas pela atração gravitacional da lua e do Sol na Terra. Não se limitam aos oceanos, mas também podem ocorrer em outros sistemas sempre que houver um campo gravitacional. Além disso, embora a força gravitacional do sol afete a maior parte da Terra, não é tão visível na água. A própria lua tem um efeito maior nas marés porque está muito mais próxima da Terra do que o Sol (DALLA VECCHIA, 2016).

As margens experimentam uma maré diurna ou semi-diurna diária que consiste em uma ou duas marés altas e baixas, respectivamente. Estas marés são influenciadas por vários fatores, como o alinhamento do sol e das luas, a forma da linha de costa e as mudanças na profundidade do mar. Uma usina maremotriz utiliza a amplitude das marés, ou seja, a diferença de altura da água entre preia-mar e baixa-mar sucessivamente, para produzir eletricidade, explorando a diferença de altura entre duas bacias, de maneira bastante semelhante a uma usina hidrelétrica (FREITAS; PROGÊNIO, 2016).

Uma turbina de maré é semelhante a uma turbina eólica submarina. A força das correntes de maré impulsiona a rotação das hélices, que gera energia mecânica transmitida a um alternador. Este último produz eletricidade verde transportada para a costa através de cabos submarinos (LEITE NETO et al., 2021).

3.2.1 Energia das Correntes de Maré

Como as turbinas eólicas para o vento, as turbinas de maré exploram a energia das correntes de maré. A densidade da água é um fator importante a ser levado em consideração ao determinar o dimensionamento das máquinas. Assim, para uma potência instalada equivalente, uma turbina de maré é muito menor que uma turbina eólica (SILVA, 2012).

Turbinas de maré, como pode ser observado na Figura 4, são tipos de turbinas eólicas submarinas cujas pás são acionadas pelas correntes marítimas. Compreendem uma roda de pás ou uma hélice composta por pás montadas em um eixo cuja rotação aciona um gerador elétrico. Seu diâmetro é entre 10 e 20 metros. Estas turbinas de maré destinam-se a ser submersas a uma profundidade de 30 a 40 metros em zonas com fortes correntes, ou seja, superiores a 4 ou 5 nós (MARTINS, 2019).

Por exemplo, na França, a empresa francesa Sabella desenvolveu uma turbina de maré com eixo horizontal de 10 metros de diâmetro e 500 kW de potência, a qual foi instalada na ilha de Ouessant produz eletricidade e duas outras turbinas de maré foram submersas pela EDF em Paimpol-Bréhat entre 2016 e início de 2017. Este protótipo permite preparar estudos para a possibilidade de industrialização de turbinas de maré de 1 a 2 MW de potência (MENEZES; SILVA, 2018).

3.2.2 Energia Potencial das Marés

As ondas criadas pelo vento na superfície dos mares e oceanos carregam energia cinética. Quando chegam a um obstáculo flutuante ou costeiro, cedem parte dessa energia que pode ser transformada em corrente elétrica. Ilustra-se como exemplo o projeto Pelamis, projeto escocês para um flutuador do tipo atenuador de 750 kW (OLIVEIRA; HOCEVAR, 2019).

O projeto Pelamis é constituído por um conjunto de segmentos cilíndricos lineares articulados (comprimento total de 180 m para uma largura de 4 m), semi-submersos e ligados por juntas. O movimento das articulações gerado por ondas em movimento usa fluido hidráulico para acionar um motor. Este projeto está agora em fase industrial. Uma primeira frota de três máquinas foi instalada ao largo de Portugal em 2009. Uma segunda geração Pelamis foi instalada nas instalações escocesas da EMEC no final de 2010 (CISCO et al., 2020).

Já o projeto australiano denominado de Ceto utiliza boia submersa para produzir quase 240 kW de eletricidade, enquanto água doce é usada para transferência de água do mar pressurizada. Está em curso um projeto de instalação de uma máquina CETO 4 na União Europeia, uma associação das empresas EDF e DCNS de eletricidade (FONSECA, 2017).

3.3 Gradiente de temperatura

A Energia Térmica dos Mares (ETM) ou energia maretérmica usa a diferença relativamente pequena de temperatura entre águas superficiais e profundas, no entanto, limita a eficiência energética de uma usina termelétrica oceânica. Esta baixa eficiência deve ser compensada por um alto fluxo de água. No entanto, como pode ser observado na Figura 5, com a necessidade do bombeamento de água fria requer um consumo de energia que pode ser significativo. A potência de bombeamento de água fria pode ser reduzida para

20% da potência bruta gerada pela usina ETM desde que se opte por tubos de grande diâmetro. Assim, as centrais térmicas dos mares deverão utilizar no futuro importantes infraestruturas com tubagens com diâmetro igual ou superior a 8 m (RICARTE, 2017).

A utilização de energia térmica dos mares e oceanos é um processo visa explorar a diferença de temperatura entre o fundo e a superfície do oceano para produzir eletricidade. Por exemplo, em áreas tropicais, a temperatura pode cair de cerca de 20 graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$) na superfície para cerca de 5°C abaixo de 1.000 metros de profundidade (ESTEFEN, 2016).

Para isso, são utilizados geradores termoelétricos, conversores de energia que transformam diretamente energia térmica em energia elétrica pelo efeito Seebeck (uso da diferença de potencial). Este processo também possibilita a produção de água doce ou fria para climatização em grandes profundidades. Os oceanos são um vasto coletor e um enorme reservatório de energia solar. Exemplo: projeto da fábrica da Lockheed Martin no Havaí. A empresa americana recebeu 12,5 milhões de dólares desde 2009 para este projeto (JUNG, 2015).

Por outro lado, o estabelecimento de centrais térmicas é limitado pelas condições topográficas: devem estar localizadas em zonas intertropicais em que exista um gradiente térmico de pelo menos 20°C entre águas profundas e superficiais e onde os fundos atinjam cerca de 1000 metros (m). Esses critérios são um pré-requisito para a produção de uma quantidade de eletricidade 3 a 5 vezes maior do que a consumida pela própria usina (OLIVEIRA, 2021).

Note-se que o ETM pode fortalecer a independência energética de países com áreas marítimas que atendam às condições mencionadas acima. Essa ambição motiva notavelmente os investimentos da Austrália, Taiwan e especialmente do Japão. A energia térmica dos mares tem a vantagem de ser abundante, previsível e disponível 24 horas por dia durante todo o ano na zona intertropical. No entanto, essa energia dos mares exige investimentos pesados. Sofre com baixa eficiência, produz eletricidade a um custo elevado e ainda está em fase de pesquisa e desenvolvimento, como a energia osmótica (CISCO et al., 2020).

3.4 Gradiente de salinidade

A energia osmótica refere-se à energia que pode ser explorada a partir da diferença de salinidade entre a água do mar e a água doce, sendo os dois tipos de água separados por uma membrana semipermeável. Consiste em utilizar uma altura de água ou uma pressão criada pela migração de moléculas de água através da referida membrana. A pressão da água resultante garante um fluxo que pode ser turbinado para produzir eletricidade, através de um gerador (SESMIL, 2019).

Também é possível usar o princípio da osmose para produzir eletricidade acionando uma turbina usando pressão osmótica. Uma pressão de 12 bar no reservatório de água salgada dá à água enviada para a turbina a mesma energia que um volume de água caindo 120 m em uma represa hidrelétrica. Concretamente, uma planta osmótica visa explorar a

diferença de salinidade onde a água salgada e a água doce se encontram naturalmente, ou seja, na foz dos rios (NASCIMENTO; 2017).

A energia osmótica é potencialmente explorável por qualquer país com foz de rio. Ao contrário de outras energias renováveis, não depende das condições meteorológicas e oferece muito boa previsibilidade da produção de eletricidade. Uma usina osmótica provavelmente operaria cerca de 8.000 horas por ano, cerca de 3 ou 4 vezes mais do que o tempo médio de operação de uma turbina eólica (QUINTINO, 2018).

As plantas osmóticas não emitiriam poluentes ou ruídos. Este elemento é essencial dada a grande biodiversidade das áreas (deltas, estuários) onde essas usinas seriam instaladas. Os nutrientes e os sedimentos são, de fato, transportados pelo curso de água que se dirige para o mar (PIOVANI; TRIGOSO, 2020).

Deve-se notar que também é possível produzir energia graças ao gradiente de salinidade usando processos de eletrodialise reversa, um método ainda em fase de pesquisa na Holanda, tendo o projeto da empresa norueguesa Statkraft como o primeiro protótipo de usina osmótica em Tofte em 2009 (meta de 10 kW instalados), que é composto por cerca de 2.000 metros quadrados (m²) de membranas dispostas em espirais (LEITE NETO et al., 2021).

4. APLICAÇÃO DAS ENERGIAS DAS ONDAS E MARÉS NO MUNDO E NO BRASIL

Com sua expansão por zonas climáticas e as características naturais associadas, o Brasil é um sistema hidrotermal e único no mundo. Essas condições oferecem condições ótimas para usinas hidrelétricas, mas também grande potencial e áreas adequadas para uma ampla variedade de projetos na área de energias renováveis (NASCIMENTO; 2017).

De acordo com as previsões do plano de expansão decenal de 2014 a 2024, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as fontes de energia eólica, solar, pequenas hidrelétricas e biomassa têm um crescimento médio anual de 10 por cento. Isso significaria um aumento estimado de 35 GW além da capacidade instalada atualmente. O plano também espera que a porcentagem de biomassa, pequenas hidrelétricas, eólica e solar aumente de cerca de 20% para cerca de 30% da capacidade de geração de energia na rede interconectada em 2018-2024 (JANNUZZI; SWISHER. REDLINGER, 2021).

Além da energia hidrelétrica, a eólica e a solar são as duas principais fontes de energia renovável no Brasil. Até 2024, o governo brasileiro espera uma capacidade instalada adicional de até 24 GW de energia eólica e 7 GW de energia solar. A indústria solar tem um potencial de crescimento considerável, considerando não só o último concurso em 2015, em que foram adjudicados 1,5 GW de contratos de geração de energia solar, mas também o elevado potencial de radiação solar. Mais de 1.000 empresas de diversos setores e países atuam no mercado solar brasileiro (MAUAD; FERREIRA; TRINDADE, 2021).

No setor eólico, o Brasil possui a maior capacidade instalada de energia eólica da

América Latina e as melhores condições de exploração de energia eólica do mundo. A energia eólica, em particular, alcançou resultados notáveis no Brasil nos últimos anos. Em setembro de 2020, a capacidade total instalada de energia eólica no Brasil era de 16,3 GW (LEITE NETO et al., 2021).

As condições de vento no Brasil estão entre as mais produtivas do mundo. Novos recordes são batidos a cada ano, principalmente no litoral Nordeste. O vento é mais intenso de junho a dezembro, coincidindo com os meses com menor intensidade de chuvas. Isso torna o vento uma fonte de energia potencialmente complementar à energia hidrelétrica. Hoje existem 653 parques eólicos no Brasil (JANNUZZI; SWISHER; REDLINGER, 2021).

Novos parques eólicos estão sendo inaugurados a cada poucos meses no nordeste do Brasil. A maior usina da América Latina entrou em operação em junho de 2021, no Complexo eólico Lagoa dos Ventos, também chamado de Parque Eólico Lagoa dos Ventos (Piauí), 230 turbinas com capacidade total de 716 megawatts (MW) produzem eletricidade. As turbinas eólicas brasileiras formam filas de mais de 130 quilômetros no país.

A terceira maior fonte de energia do país é a biomassa. A geração de energia por biomassa está ocupando cada vez mais espaço na matriz energética brasileira. A biomassa, ou seja, a queima de materiais orgânicos, fornece a energia necessária para quase 9% da eletricidade consumida no país. As fontes mais utilizadas incluem bagaço de cana-de-açúcar (78%), casca de arroz, aparas de madeira e cana gigante chinesa. Também é possível utilizar os gases resultantes da decomposição ou incineração de resíduos em instalações especializadas. A utilização da energia da biomassa é de fundamental importância para o desenvolvimento de novas alternativas energéticas. O Brasil possui uma capacidade instalada de 14 GW de usinas de biomassa e 500 usinas em operação (LEITE NETO et al., 2021).

Com mais de 3.000 horas de sol por ano, o Brasil tem um dos maiores níveis de radiação solar do mundo. A energia solar total instalada no Brasil foi estimada em cerca de 3,87 GW no final de 2019, gerando cerca de 1,46% das necessidades de eletricidade do país, acima dos 0,7% em 2018. Em setembro de 2020, de acordo com o ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico) a capacidade total instalada de energia solar fotovoltaica é de 6,9 GW (OLIVEIRA, 2021).

A abertura de três grandes parques solares no Brasil em 2017 impulsionou a energia solar do país. A usina solar Nova Olinda, de 292 MW, no Piauí, a usina solar Ituverava, de 254 MW, na Bahia, e a usina solar Parque Solar Lapa, de 158 megawatts, na Bahia estão entre as maiores do mundo. A capacidade total dessas três usinas é mais de dez vezes a capacidade total instalada em todo o país em 2015. Finalmente, em janeiro de 2020, o maior parque solar da América do Sul entrou em operação no estado do Piauí (JANNUZZI; SWISHER; REDLINGER, 2021).

4.2 Estudos sobre o potencial energético oceânico do Brasil

Embora as energias renováveis sejam a maior fonte de geração de eletricidade no Brasil, as energias dos mares e oceânicas ainda não são aproveitadas no país, que tem

um litoral com 7.367 km. Contudo, estudos têm sido realizados para avaliar o potencial de geração de eletricidade a partir dessas fontes (GONZÁLEZ-GORBEÑA et al., 2015).

Segundo estudo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ, 2021), o Brasil tem um potencial de energia das ondas estimado em 91,8 GW, considerando os 7.491 km da costa brasileira. O estudo aponta que a conversão de apenas um quinto desse potencial seria suficiente para suprir cerca de 35% da demanda de energia elétrica do país. Outro estudo, da Universidade Federal do ABC, em 2020, calcula que apenas a região Nordeste, onde está localizado o Porto do Pecém, teria um potencial energético oceânico estimado em 22 GW.

O estudo de González-Gorbeña, Rosman e Qassim (2015) se preocupou com a avaliação do potencial de geração de energia elétrica através da conversão da energia cinética da corrente das marés na Baía de São Marcos, localizada no Estado do Maranhão, e que possui um potencial altamente promissor para a geração de eletricidade através da conversão de energia de corrente de maré. Três zonas potenciais para exploração de energia das marés foram identificadas empregando um modelo hidrodinâmico bidimensional.

O modelo hidrodinâmico indicou várias zonas com ocorrência de velocidades de corrente mediana de maré superiores a 1,1 m/s em 50% do tempo durante um mês lunar. As zonas com profundidades inferiores a 20 m foram descartadas, restando três zonas denominadas A, B e C. Uma estimativa preliminar, para essas áreas, mostra grandes quantidades de energia disponíveis na Baía de São Marcos com densidades anuais variando de 9,2 a 11,2 Megawatts-hora/metro quadrado (MWh/m²). À medida que novas tecnologias evoluem, a extração de energia de regiões rasas da Baía será viável, aumentando consideravelmente os volumes de produção de energia (GONZÁLEZ-GORBEÑA; ROSMAN; QASSIM, 2015).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) desenvolveu o sistema, que foi instalado na costa do Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará. Por sua proximidade com consumidores em cidades densamente povoadas, como o litoral brasileiro, esta usina de geração de energia em pequena escala é uma solução inovadora de geração de energia e oferece as melhores condições para uso/captação de energia (CISCO et al., 2020).

Como pode ser observado na Figura 6, dois módulos, cada um com flutuador, podem gerar 50 kW de energia elétrica e, segundo a ANEEL, oferecem vantagem sobre outros sistemas comercialmente disponíveis devido ao seu processo de produção simples. Outra vantagem desta tecnologia é a possibilidade de acoplar a sistemas de dessalinização, sendo a dessalinização da água do mar por osmose inversa uma forma eficaz de extrair água potável do mar (OLIVEIRA, 2021).

Com o objetivo de estabelecer parcerias estratégicas para o desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e ambiental, o Complexo Pecém e a empresa sueco-israelense Eco Wave Power assinaram um Memorando de Entendimento para a implantação da Usina Eco Wave Power para geração de energia limpa das ondas nas instalações do Porto do Pecém (RICARTE, 2017).

O projeto piloto, criado e desenvolvido na Coppe, empurra o Brasil para o seleto grupo de países que estão testando diferentes conceitos tecnológicos para atingir o mesmo objetivo: provar que as ondas do mar podem gerar energia elétrica suficiente a custos viáveis (CISCO et al., 2020).

Conforme o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ, 2021), a principal inovação da usina de ondas brasileira é a utilização de um sistema de alta pressão para movimentar a turbina e o gerador, conceito desenvolvido e patenteado pela Coppe. Todo o conjunto é composto por uma boia e um braço mecânico. Quando as ondas movem a boia e o braço mecânico, elas acionam uma bomba para pressurizar a água doce e armazená-la em um acumulador conectado a uma câmara hiperbárica. A pressão na câmara é equivalente à das colunas de água encontradas em usinas hidrelétricas. O jato de água altamente pressurizado é responsável por movimentar a turbina, que por sua vez aciona o gerador de energia elétrica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mercado da energia marinha ainda está numa fase inicial, porém, muitos estudos de viabilidade, inclusive em várias áreas da costa brasileira, têm sido realizados e protótipos instalados, gerando perspectivas favoráveis ao adensamento do investimento em tecnologias que possam tornar a produção de eletricidade a partir desse tipo de matriz uma nova indústria.

Como toda nova tecnologia, os custos experimentais são significativos. Porém os estudos apontam que a viabilidade em território brasileiro é promissor, como demonstra o sistema instalado na costa do Pecém/Ceará. A eficiência da geração, assim como custos de instalação, manutenção e transporte da energia gerada pelas ondas e marés também são pontos a serem estudados profundamente, assim como o impacto de sua participação na matriz elétrica brasileira, que demanda de confiabilidade desse novo sistema.

Como mostrado nessa pesquisa, muitos países europeus estão na vanguarda das novas tecnologias de produção elétrica por fontes das águas marinhas, e o fato de muitas empresas desses países deterem tais tecnologias pode ser de potencial benefício para o Brasil, uma vez que o interesse em investimentos de empresas internacionais nas geração e distribuição no Brasil se mostram crescentes, como pode ser observado pelos resultados dos leilões de eletricidade da ANEEL, com fortes resultados para o setor eólico e fotovoltaico.

Dessa forma, conclui-se que é importante que os profissionais de engenharia elétrica estejam se preparando para atender as possíveis demandas desse novo mercado, diante da envergadura do Brasil em sempre buscar ampliar e diversificar suas fontes produtoras de eletricidade, e de fato, da ampliação da matriz energética nacional ter se tornado uma realidade. A cada ano a importância de outras fontes renováveis cresce na geração elétrica nacional, o que pode também se tornar uma realidade a partir da implantação de projetos baseados nas energias das marés e oceanos.

Referências

- CISCO, Lenon Audibert; KOCH, Augusto Hack da Silva; CONDOTTA, Mateus; HOFSTATTER, Rodrigo; HARRAS, Lucas Martins; OLEINIK, Phelype Haron; PAIVA, Maycon da Silveira; ISOLDI, Liércio André; MACHADO, Bianca. O Oceano como Fonte de Energia: uma revisão da literatura. **Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 23–33, 2020.
- DALLA VECCHIA, Leonardo Casagrande. Modelagem e dimensionamento de um sistema de geração de energia a partir das ondas do oceano. In: **Congresso Brasileiro de Automática**. No prelo, 2016.
- ESTEFEN, Segen. **Geração de Energia Elétrica pelas Ondas do Mar**. COPPE/UFRJ, 2016.
- FALCÃO, Antônio. **Energia das Ondas**. São Paulo: Instituto Superior Técnico, 2015.
- FONSECA, Bruno José Paixão da. **Extração de parâmetros de ondas superficiais aquáticas empregando processamento de imagens ópticas**. 2017. 88f. Tese (Doutorado – Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.
- FREITAS, Luana Lima de; PROGÊNIO, Mayke Feitosa. Energia maremotriz: aspectos básicos para geração de eletricidade. In: **II Congresso Amazônico de Meio Ambiente & Energias Renováveis**, Belém, 2016. Anais Eletrônicos. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.
- GOLDEMBERG, José; PALETTA, Francisco Carlos. **Energias Renováveis**. São Paulo: Blucher, 2012.
- GOLDENBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e desenvolvimento**. 3 ed. São Paulo: EDUSP, 2012.
- GONZÁLEZ-GORBEÑA, Eduardo et al. Influência da presença de parques de conversores de energia hidrocínética no movimento de sedimentos em cenários idealizados da baía de São Marcos, MA. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos RBRH**, Porto Alegre, v. 20, n.2, p. 379 – 393. abr./jun. 2015.
- GONZÁLEZ-GORBEÑA, Eduardo; ROSMAN, Paulo C. C.; QASSIM, Raad.Y. Assessment of the tidal current energy resource in São Marcos Bay, Brazil. **J. Ocean Eng. Mar. Energy**, v. 1, p. 421–433, 2015.
- HINRICH, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu dos. **Energia e Meio Ambiente**. Tradução da 4.Ed. Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA/UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (COPPE/UFRJ). **Ondas Oceânicas**. Coppe – Instituto Alberto Luiz Coimbra [online] , 2021.
- JANNUZZI, Gilberto de Martino; SWISHER, Joel; REDLINGER, Robert. **Planejamento integrado de recursos energéticos: Oferta, demanda e suas interfaces**. 2ª edição. Campinas/SP: IEI Brasil, 2021.
- JUNG, Gabriela Bueno. **Avaliação das correntes de maré como recurso energético da costa do Brasil**. 2015. 94 p. Tese (Doutorado – Engenharia Oceânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015
- LEITE NETO, Pedro; SAAVEDRA, Osvaldo; CAMELO, Nelson; RIBEIRO, Luiz; FERREIRA, Rafael. Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade: aspectos básicos e principais tendências. **Ingeniare: Revista Chilena de Ingeniería**, Chile, vol.19, n. 2, p. 219-232. 2021.
- MACHADO, Letícia Carvalho. Estudo da exploração, geração de eletricidade, impactos ambientais e viabilidade econômica de projetos da energia de maremotriz. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas – UNIT**, Sergipe, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 75–86, 2016.
- MARTINS, Mauro Daniel Simões São Bento. **Sistemas de aproveitamento da energia do mar**. 2019. 95 f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Civil). Universidade de Aveiro, Aveiro, 2019.
- MAUAD, Frederico Fábio; FERREIRA, Luciana da Costa; TRINDADE, Tatiana Costa Guimarães. **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos: EESC/USP, 2021.
- MENEZES. Gigliara S de; SILVA, Jonny Carlos da. **Geração de Energia a partir de Ondas Oceânicas**. São Paulo: LCT, 2018.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Estudo Técnico**: Aproveitamento da energia dos oceanos para produção de eletricidade. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017. Disponível em: https://bd.camara.leg.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32821/aproveitamento_energia_nascimento.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 24 mar. 2022.

OLIVEIRA, Camila Santos; HOCEVAR, Luciano Sergio. Produção de energia elétrica através dos oceanos. *In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC*. Palmas/TO, 2019

OLIVEIRA, Carlos Henrique da Costa. **Avaliação do Potencial Hidráulico com Turbinas Hidrocinéticas e sua Atratividade para Sistemas Isolados e Geração Distribuída em Localidades da Região Amazônica**. 2021. 199 p. Tese (Doutorado - Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2021.

PALZ, Wagner. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. Curitiba: Hemus, 2012.

PIOVANI, Juliane Taise; TRIGOSO, Federico Bernardino Morante. Uma visão prospectiva sobre o aproveitamento da energia das marés no litoral brasileiro. *In: VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar*, Fortaleza, 2020.

PROGÊNIO, Mayke Feitosa; BARBOSA JUNIOR, Raimundo Novato da Silva; SOUZA, Marcelo Jose Raiol. A energia marémotriz e sua perspectiva de oportunidade no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, p. 245-259, 2017.

QUINTINO, Thaysla Beluco. **Mapeamento de áreas potenciais para a implantação de usinas oceânicas na zona costeira do Brasil**. 2018. 166f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Londrina/PR, 2018.

REIS, Lineu dos. **Geração de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Manole, 2017.

RICARTE, Eliab. Desenvolvimento de dispositivos de conversão de energias marinhas: o caso do modelo de energia das ondas no programa de planejamento energético. **Cadernos De Energia**, n. 5, Maio / Agosto, 2017.

ROSA, Aldo. **Processos de Energias Renováveis**. São Paulo: GEN LTC, 2014.

SESMIL, Edson Luís Fernandes. **Energia maremotriz: impactos ambientais e viabilidade econômica no Brasil**. 2019. 88f. Dissertação (Mestrado – Fontes Alternativas de Energia). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2019.

TOLMASQUIM, Manoel. **Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica**. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

TUNDISI, Helena. **Usos de Energia**. São Paulo: Atual, 2010.

VICINANZA, Diego et al. The SSG Wave Energy Converter: Performance, Status and Recent Developments. **Energies**, v. 5, p. 193-226, 2012.

VICINANZA, Diego; SALERNO, Daniela; BUCCINO, Mariano. Structural Response of Seawave Slot-cone Generator (SSG) from Random Wave CFD Simulations. *In: International Ocean and Polar Engineering Conference Proceedings of the Twenty-fifth*, Kona, Big Island, Hawaii, USA, June 21-26, 2015.

ZANDOMENEGO, Raffaella; D'AQUINO, Carla de Abreu. Potencial energético e viabilidade econômica na conversão de energia das ondas e solar em energia elétrica em uma plataforma de pesca. *In: 5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul*, Florianópolis, 2016.

CAPÍTULO 34

UMA ANÁLISE SOBRE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS APLICADOS AO RACIONAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM INDÚSTRIAS

*AN ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS APPLIED TO ELECTRIC
POWER RATIONING IN INDUSTRIES*

Ático Fabrício Lima dos Santos¹

¹ Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

As indústrias e suas mais elaboradas tarefas do dia a dia possuem a capacidade de consumir mais energia devido a variedade de cargas indutivas, tais como motores elétricos e transformadores, por meio disso utilizar um sistema de automação inteligente é uma solução viável para o controle desse consumo, este trabalho trata sobre o uso de medidas de captação solar para diminuir o consumo de energia elétrica em indústrias, um exemplo são as placas fotovoltaicas que serão abordadas neste trabalho no qual utilizam a captação do sol para armazenamento de energia. De outra forma outras tecnologias também são utilizadas a fim de que se obtenha a redução do consumo energético industrial onde é uma preocupação geral para o investidor, pois os gastos com eletricidades chegam às vezes a prejudicar o financeiro de uma determinada empresa, na qual utiliza de um grande potencial energético para fazer funcionar diversos equipamentos industriais e em processos industriais dos mais variados tipos.

Palavras-chave: Energia Elétrica; Fotovoltaico; Automação; Energia Solar; Eficiência.

Abstract

The industries and their more elaborate units have the ability to consume more energy through a variety of inductive loads, such as electrical systems and transformers, through an intelligent automation system is a viable solution for consumption control. This work deals the use of solar capture measures to reduce the consumption of electric energy in industries, such as photovoltaic panels that are designed for this type of work, without the use of solar energy for energy storage. In other ways, other technologies are also used to invest, with the expense of electricity, as a general concern for investment, such as the expense of electric energy, great energy potential for the use of equipment and units of measurement of the most varied types.

Keywords: Electric Power; Photovoltaic; Automation; Solar energy; Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A eletricidade está em todas as partes e nas necessidades da humanidade com isso há uma demanda mundial energética superior a qualquer outro sistema de precisão humana, onde surgem alternativas energéticas importantes para o desenvolvimento do mundo e que de certo modo não afetem os aspectos naturais diminuindo a poluição, por meio disso a energia solar integra uma solução mundial e intrínseca ao aumento do potencial energético.

O sol oferece à humanidade um potencial energético virtualmente ilimitado. A energia solar pode ser aproveitada de várias maneiras, o que podem ser combinados para melhor atender às necessidades de energia da população e economia global como citado no decorrer deste trabalho. Porque está disponível em todo o planeta, pode fornecer acesso mais rápido a serviços modernos de energia comunidades desfavorecidas em áreas rurais com baixa densidade populacional.

Também podem ajudar eles satisfazem as necessidades de energia para cozinhar, deslocando formas de usar biomassa que ineficiente insalubre e não sustentável. Para a maior parte da população mundial, a energia solar pode fornecer inesgotável e limpa eletricidade em grandes quantidades, apenas superada pela energia eólica em países temperados e frios.

A importância desta pesquisa está em mostrar que devido a eletricidade está em todas as partes e nas necessidades da humanidade com isso há uma demanda mundial energética superior a qualquer outro sistema de precisão humana, onde surgem alternativas energéticas importantes para o desenvolvimento do mundo e que de certo modo não afetem os aspectos naturais diminuindo a poluição, por meio disso a energia solar integra uma solução mundial e intrínseca ao aumento do potencial energético.

Este trabalho é relevante pois a relação à demanda de energia mundial as indústrias lideram o consumo de energia devido aos constantes processos de fabricação de produtos que abastecem a população com isso a energia solar se apresenta como alternativa energética para suprir essa demanda e reduzir os custos relacionados ao alto consumo de energia industrial, portanto a energia solar se associa a tecnologias para obtenção desse recurso, onde aliada com a automação industrial facilita na captação de energia solar.

Esta pesquisa se faz necessária para sociedade e comunidade acadêmica, pois mostra-se relevante quanto o entendimento do tema proposto neste trabalho, a justificativa de tratar sobre essa temática está na importância de abordar sobre a temática de tecnologias empregadas para a efetivação de energia solar com referência industrial visto a necessidade do manejo eficiente e econômico da energia elétrica por meio de um racionamento energético real e viável para aplicações industriais.

A temática propõe discutir sobre as tecnologias em equipamentos que são utilizados na indústria e requerem um alto potencial energético em contrapartida tem-se a energia solar como perspectiva para assegurar o racionamento energético. Assim, Como a geração de eletricidade através na energia solar e sua eficiência energética pode contribuir



para o menor consumo de eletricidade no meio industrial?

O objetivo geral deste trabalho se define em Conhecer as tecnologias empregadas para a captação de energia solar para o racionamento de energia elétrica em indústrias. Expõem-se nesse contexto, os seguintes objetivos específicos: Conceituar os aspectos gerais relacionados a energia solar; apontar as tecnologias associadas a energia solar para captação de recurso energético; descrever como racionamento energético é promovido com o uso de energia solar.

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 nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados, Marcos de Oliveira, e Antonio Valleria, é válido dizer que os materiais utilizados foram materiais desenvolvidos ao longo de anos, com dados e bases em energia solar e seu potencial energético e econômico para a sociedade. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos vinte anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Energia solar; Tecnologias Fotovoltaicas; Gestão Energética.

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: Energia Elétrica; Fotovoltaico; Automação; Energia Solar; Eficiência.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Frequentemente, o sol irradia uma quantidade enorme de energia chamada de energia solar com isso o sol irradia mais energia em um dia do que o mundo usa em um ano essa energia vem de dentro do próprio sol como a maioria das estrelas, o sol é uma grande bola de gás composta principalmente de hidrogênio e gás hélio o sol faz energia em seu núcleo interno em um processo chamado de fusão nuclear que leva a energia do sol apenas um pouco mais de oito minutos para viajar 93 milhões de milhas para a Terra (ALDABÓ, 2002).

A energia solar viaja a velocidade da luz ou 186.000 milhas por segundo, ou 3,0 x 10⁸ metros por segundo. Apenas uma pequena parte da energia radiante visível (luz) que

o sol emite no espaço chega à Terra, mas isso é mais do que o suficiente para suprir todas as nossas necessidades energéticas. A cada hora suficiente solar energia atinge a Terra para suprir as necessidades de energia da nação para um ano (FURLAN, 2008).

De acordo com Aldabó (2002) a energia solar é considerada uma fonte de energia renovável devido a este fato as pessoas usam a energia solar para aquecer edifícios e água e para gerar eletricidade. A energia solar é responsável por uma quantidade muito pequena porcentagem de energia menos de um por cento. A energia solar é usada principalmente por residências e para gerar eletricidade.

Aquecimento com energia solar não é tão fácil quanto se imagina, pois capturar luz solar e colocá-la para trabalhar é difícil porque a energia solar que atinge a Terra está espalhada por uma grande área. O sol faz não entrega de tanta energia para qualquer lugar, a qualquer momento. A quantidade de energia solar que uma área recebe depende do tempo de dia, a estação do ano, a nebulosidade do céu, e quão perto está na linha equador da Terra (FURLAN, 2008).

Um coletor solar é uma maneira de capturar a luz do sol e transformá-la em energia térmica utilizável. Um carro fechado em um dia ensolarado é como um coletor solar. Quando a luz do sol atravessa as janelas do carro, é absorvida pelas tampas de assento, paredes e piso do carro. As mudanças de luz absorvidas em calor. As janelas do carro deixam entrar a luz, mas elas não deixam todo o calor fora por isso um carro fechado pode ficar muito quente (LORENZO, 1994).

Segundo Lorenzo (1994) o aquecimento do espaço significa aquecer o espaço dentro de um edifício, onde muitas casas usam energia solar para aquecimento de ambientes um ambiente solar passivo em uma casa é projetada para deixar entrar a maior quantidade de luz solar possível é como um grande coletor solar a luz do sol atravessa as janelas e aquece as paredes e o chão dentro da casa. A luz pode entrar, mas o calor fica preso lá dentro uma casa solar passiva não depende de equipamentos mecânicos, como bombas e sopradores, para aquecer a casa, enquanto as energias solares são feitas pela própria casa.

A energia solar também pode ser usada para produzir eletricidade duas maneiras de fazer eletricidade a partir de energia solar são sistemas fotovoltaicos solares através de sistemas térmicos. A Eletricidade Fotovoltaica vem da foto das palavras, significando a luz, e volt, uma medida de eletricidade. Às vezes, as células fotovoltaicas são chamadas de células PV ou células solares. Visto que células fotovoltaicas podem ser brinquedos movidos a energia solar, calculadoras e beira da estrada caixas de telefone todos usam células solares para converter a luz solar em eletricidade as células solares são feitas de silício, a mesma substância que compõe areia (ALDABÓ, 2002).

O silício é a segunda substância mais comum na Terra, às células solares podem fornecer energia para qualquer coisa que é alimentado por baterias ou energia elétrica. A eletricidade é produzida quando a energia radiante do sol atinge a célula solar, fazendo com que os elétrons se movimentem. A ação dos elétrons inicia uma corrente elétrica, pois a conversão de a luz solar em eletricidade ocorre de forma silenciosa e instantânea e não há peças mecânicas para se desgastar (LORENZO, 1994).



Em comparação com outras formas de produção de eletricidade, sistemas fotovoltaicos são caros e muitos painéis são necessários para igualar a eletricidade em outros tipos de plantas. Pode custar de 10 a 30 centavos por quilowatt-hora para produzir eletricidade de células solares. A maioria das pessoas paga às suas empresas de eletricidade 12,7 centavos por quilowatt-hora para a eletricidade que eles usam e os consumidores industriais pagam menos. Os sistemas solares costumam ser usados para gerar eletricidade em áreas remotas que estão muito longe da eletricidade linhas de energia (LORENZO, 1994).

Quanto ao contexto histórico, as aplicações terrestres de energia solar fotovoltaica (PV) começaram na década de 1970, e desenvolvido em nicho aplicações fora da rede, principalmente eletrificação rural e telecomunicações. Na década de 1980, as primeiras usinas comerciais de energia solar concentrada (CSP) gerando STE (com apoio de 25% gás natural) foram construídas no Deserto de Mohave, na Califórnia, e foram baseados em impostos federais e estaduais. Incentivos para investidores e contratos obrigatórios de compra de energia de longo prazo. Totalizaram 354 MWe em 1991, quando Luz, o construtor, entrou com pedido de falência. (LORENZO, 1994).

Nos anos 90, vários países introduziram incentivos para apoiar a implantação antecipada da energia solar. Sistemas fotovoltaicos. Em 1995, o programa japonês de 70.000 telhados solares começou inicialmente fornecendo 50% de subsídio ao custo dos sistemas fotovoltaicos ligados à rede. O alemão 100 000 o programa de telhados solares começou em 1999, seguido pela Lei de Energias Renováveis em 2000, que ofereceu uma tarifa feed-in de 0,5 / kWh nos sistemas instalados por 20 anos. Em 1998, o Japão ultrapassou os Estados Unidos como o principal mercado (OLIVEIRA, 2008).

Com a ajuda de design geométrico avançado, radiação solar direta e parte da energia solar difusa concentram-se com coletores de concentração. Com este tipo de colecionador, a reflexão superfície são utilizados para aumentar a radiação solar. Para alcançar altas temperaturas, a radiação solar será concentrada na área focal, para este efeito, o coletor concentrador deve ser capaz de acompanhar o sol durante o dia. Concentrando-se na área focal aumenta a energia dada por unidade (PANESI, 2006).

A dissipação de calor é reduzida devido a diminuições na superfície de absorção, temperaturas mais elevadas e mais calor é produzido. O coletor de concentrador não foi projetado para ser usado em condições nubladas. Em comparação com o coletor de placa plana, eles têm custos mais altos de regulação. Embora eles tenham a menor eficiência em baixa temperatura, sua eficiência é boa em alta temperatura. A intensidade de radiação solar por concentrador pode obter cerca de 70-80 vezes mais do que coletores planos também eles não precisam de insolação, no entanto, é crucial para o coletor plano (GIMENES, 200). Há um número de opções de tecnologia de energia solar em pequena escala. Disponíveis para casa e pequenos uso de empresas.

O aquecimento solar de água usa energia solar para aquecer a água. Eles são compostos de três partes: um colecionador, circuito tubagem e tanques de armazenamento de calor. Na maioria dos aquecedores de água modernos, a solução de água e anticongelante se movem entre o tanque e o coletor em um ciclo fechado por tubulação de circuito. O coletor absorve a energia de calor do sol e transfere para o fluido de trabalho. Fluido aquecido se move em direção ao tanque de armazenamento onde passa através de um trocador de calor e transfere seu calor para a água no tanque de armazenamento; depois de arrefecer volta para o coletor novamente, então sem se misturar com água consumí-

vel, ele sempre se move ciclo fechado (PANESI, 2006).

Aquecedores solares de água se encaixam em duas categorias, sistemas de circuito aberto e fechado. Em ambas as categorias, eles podem trabalhar em termossifão (fluxo natural - uma troca de calor passivo) ou uma bomba (calor forçado). A parte importante dos aquecedores solares de água é o coletor, no qual a placa é aquecida pela radiação solar e transferiu seu calor para o fluido de trabalho (GIMENES, 200).

Esta placa é sempre uma cor escura e tem um revestimento especial que maximiza a absorção de energia e minimiza a dispersão de calor. Para atingir altas temperaturas, a placa e o tubo são colocados dentro de uma caixa isolada coberta com vidro para otimizar o efeito estufa (THEIS, 1990).

Dado que uma elevada percentagem do consumo de energia pertence ao aquecimento e arrefecimento edifícios, é importante projetar e implementar edifícios, a fim de fazer o melhor uso da energia solar energia. O suprimento de demanda de energia do edifício é possível através de formas ativas e passivas. O fornecimento de energia solar na forma passiva depende muito da qualidade da arquitetura da construção; no entanto, na forma ativa, é necessário acessar o coletor solar e outra fonte de energia, a fim de transferir o fluido aquecido (PANESI, 2006).

Sistema de aquecimento solar passivo neste sistema, a energia de fontes naturais como o sol é usada para aquecer o edifício. Isso significa que, com este tipo de sistema, o edifício deve ser projetado para reduzir a dependência de combustível fóssil, com zero a muito pouco uso de energia fóssil. Existem diferentes métodos para alcançar Aquecimento solar: Método de ganho direto, Parede do tambor, Projeto de chaminé solar, Casa verde anexa, Piscina no telhado (GIMENES, 200).

Sistemas fotovoltaicos são aplicáveis para consumo público e agricultura ele pode ser conectado à rede elétrica ou funciona como sistemas autônomos com sistema fixo ou móvel e com estrutura em pequena ou grande escala a fim de fornecer energia necessária para pequenas redes em grandes usinas elétricas

Possibilidade de rastrear o sol e maximizar a geração de eletricidade a partir da luz do sol durante o dia são as principais vantagens de usar o sistema móvel, no entanto, devido ao alto risco de falhas em sistemas mecânicos, usando esta tecnologia para escala pequena e esporádica não são recomendados. Esta tecnologia tem sido usada apenas em poucas usinas fotovoltaicas em todo o mundo (OLIVEIRA, 2002).

Neste método, a energia elétrica dos sistemas fotovoltaicos é transferida diretamente para a malha energética. Tensão e frequência da energia elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico podem ser ajustadas para atender as características de tensão, frequência e fase da rede elétrica nacional usando o equipamento elétrico para converter a corrente contínua (CC) à corrente alternada (CA), tal como inversores conectados à rede e etc) (LEITE, 1997).

A centralização ou descentralização do sistema fotovoltaico ligado à rede aumenta o poder energético da distribuição rede (tensão e corrente injetadas evita a queda de tensão da rede de distribuição de energia durante o dia) (MEDEIROS, 1996).



Ao implementar o sistema PV conectado à rede, cada membro da rede elétrica nacional representa pequena geração distribuída (DG). Além de fornecer suprimento suficiente de energia elétrica requerida pelo consumidor; um excedente do consumidor pode ser injetado na rede distribuída (OLIVEIRA, 2002).

Um sistema autônomo fornece energia para telecomunicações, residências, tendas nômades e casas rurais precisam, em geral, áreas sem rede elétrica. Estes sistemas produzem alta proporção da geração de energia fora da rede mundial. Em muitos países (especialmente países em desenvolvimento) esses sistemas podem ser usados para fornecer requisitos de energia aldeias sem eletricidade destes sistemas, por exemplo, a Indonésia tem vindo a fornecer eletricidade para as famílias rurais (LEITE, 1997).

Além de sistemas de energia autônomos, a energia fotovoltaica pode ser usada de outras maneiras. Estes são: Bombeamento de água a energia solar / fotovoltaica é usado efetivamente para a água. Bombas solares são aplicáveis em uso de irrigação, rega de gado, aquacultura, rega de florestas, prados, fontes etc. O aumento das demandas neste setor reflete os recursos e a funcionalidade do sistema (MEDEIROS, 1996).

A Iluminação movida à energia solar pode ser usada em residências áreas e escolas, entre estações rodoviárias, túneis, lanternas marinhas, luzes do parque etc. A vantagem de esta tecnologia está fornecendo luz durante a noite que é fator importante para grandes e industriais cidades. Sem acesso à eletricidade, a iluminação é limitada a lâmpadas de óleo ou luzes de dínamo. Luzes solares são uma solução perfeita para áreas sem acesso a eletricidade para iluminação. Dezenas de milhares de exemplos desses sistemas são instaladas globalmente e utilizadas todo ano (OLIVEIRA, 2002).

A geração de energia a partir da tecnologia fotovoltaica é simples confiável, disponível em todos os lugares, quase manutenção livre, limpo e adequado para aplicações fora da rede. Mas, fotovoltaica eficiência e os custos de fabricação não atingiram o ponto que a geração de energia fotovoltaica pode substituir a produção convencional de carvão, gás e instalações de geração de energia nuclear (MEDEIROS, 1996).

Para uso de carga de pico armazenamento de bateria, o custo da energia fotovoltaica é muito mais do que potência convencional (comparações de custo entre energia fotovoltaica e energia gerada convencionalmente são difíceis devido à amplas variações no custo de energia da concessionária, disponibilidade de luz solar e outras variáveis) (OLIVEIRA, 2002).

Progressos substanciais foram feitos na área de geração de energia solar e análise de cobertura de aplicação, simulação, e desenvolvimento de hardware e testes para maximização da eficiência e minimização de custos. No entanto, muitos problemas e questões, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias de energia solar inesgotável e limpas para enormes prazos mais longos benefícios e uma ampla gama de políticas necessárias para desbloquear potencial considerável da energia solar ainda precisa ser tratado para planejamento apropriado do sistema e operação do sistema (LEITE, 1997).

Com a ajuda de design geométrico avançado, radiação solar direta e parte da energia solar difusa concentram-se com coletores de concentração. Com este tipo de coleciona-

dor, a reflexão superfície são utilizados para aumentar a radiação solar. Para alcançar altas temperaturas, a radiação solar será concentrada na área focal, para este efeito, o coletor concentrador deve ser capaz de acompanhar o sol durante o dia. Concentrando-se na área focal aumenta a energia dada por unidade (PANESI, 2006).

A dissipação de calor é reduzida devido a diminuições na superfície de absorção, temperaturas mais elevadas e mais calor é produzido. O coletor de concentrador não foi projetado para ser usado em condições nubladas. Em comparação com o coletor de placa plana, eles têm custos mais altos de regulação. Embora eles tenham a menor eficiência em baixa temperatura, sua eficiência é boa em alta temperatura. A intensidade de radiação solar por concentrador pode obter cerca de 70-80 vezes mais do que coletores planos também eles não precisam de insolação, no entanto, é crucial para o coletor plano (GIMENES, 200).

O aquecimento solar de água usa energia solar para aquecer a água. Eles são compostos de três partes: um colecionador, circuito tubagem e tanques de armazenamento de calor. Na maioria dos aquecedores de água modernos, a solução de água e anticongelante se movem entre o tanque e o coletor em um ciclo fechado por tubulação de circuito. O coletor absorve a energia de calor do sol e transfere para o fluido de trabalho. Fluido aquecido se move em direção ao tanque de armazenamento onde passa através de um trocador de calor e transfere seu calor para a água no tanque de armazenamento; depois de arrefecer volta para o coletor novamente, então sem se misturar com água consumível, ele sempre se move ciclo fechado (PANESI, 2006).

Aquecedores solares de água se encaixam em duas categorias, sistemas de circuito aberto e fechado. Em ambas as categorias, eles podem trabalhar em termostato (fluxo natural - uma troca de calor passivo) ou uma bomba (calor forçado). A parte importante dos aquecedores solares de água é o coletor, no qual a placa é aquecida pela radiação solar e transferiu seu calor para o fluido de trabalho (GIMENES, 200).

Esta placa é sempre uma cor escura e tem um revestimento especial que maximiza a absorção de energia e minimiza a dispersão de calor. Para atingir altas temperaturas, a placa e o tubo são colocados dentro de uma caixa isolada coberta com vidro para otimizar o efeito estufa (THEIS, 1990).

Dado que uma elevada percentagem do consumo de energia pertence ao aquecimento e arrefecimento edifícios, é importante projetar e implementar edifícios, a fim de fazer o melhor uso da energia solar energia. O suprimento de demanda de energia do edifício é possível através de formas ativas e passivas. O fornecimento de energia solar na forma passiva depende muito da qualidade da arquitetura da construção; no entanto, na forma ativa, é necessário acessar o coletor solar e outra fonte de energia, a fim de transferir o fluido aquecido (PANESI, 2006).

Sistema de aquecimento solar passivo neste sistema, a energia de fontes naturais como o sol é usada para aquecer o edifício. Isso significa que, com este tipo de sistema, o edifício deve ser projetado para reduzir a dependência de combustível fóssil, com zero a muito pouco uso de energia fóssil. Existem diferentes métodos para alcançar Aquecimento solar: Método de ganho direto, Parede do tambor, Projeto de chaminé solar, Casa verde anexa, Piscina no telhado (GIMENES, 200).



No sistema ativo, diferentes elementos são usados para fornecer calor para um edifício. Componentes utilizados nestes sistemas incluem coletores, armazenamento de energia térmica, canais de fluxo de fluido, bombas, tubulações, válvulas, amortecedores, sistemas de controle manual ou automático, sistemas auxiliares de combustível e trocadores. O Sistema de Refrigeração Solar embora os sistemas de aquecimento solar sejam relativamente baratos, o resfriamento solar é difícil e caro. Em geral, existem duas soluções para o resfriamento solar: Converter energia solar em energia elétrica ou mecânica e permitir seu uso em sistemas de resfriamento por compressão, ou converter energia solar em energia térmica e usá-la na operação de uma absorção sistema de resfriamento. A Dessalinização Solar Princípios do purificador de água solar é simples. Tampa de plástico ou vidro na superfície superior do dispositivo desempenha um papel fundamental no desempenho deste sistema (THEIS, 1990).

Os raios do sol passando pela piscina de salmoura aumentou a temperatura da água onde a mesma passou a se aquecer; e o vapor produzido atingiu a superfície interna da tampa de vidro que tem uma temperatura mais baixa do que a temperatura da dessalinização da água do mar e começou a destilar (PANESI, 2006).

Coletando a água destilada, a água doce é obtida com isso os desempenhos de dessalinização solar podem ser divididos em dois termos: métodos direto e indireto. Dentro método direto energia solar térmica é apenas usado, no entanto no método indireto energia elétrica é usada como uma energia alternativa. A dessalinização solar deve ser projetada de acordo com o clima e condição meteorológica das regiões de interesse (GIMENES, 200).

O fogão parabólico Solar também é chamado de fogão concentrador, isto inclui um prato parabólico que é usado para cozinhar alimentos, colocando-os no ponto focal do prato. Este tipo de fogões é um pouco complicado de construir e precisa de supervisão direta como o concentrador requer ajuste frequente, a fim de atingir a máxima eficácia. Cozinhar é realizado mais rapidamente como este tipo de fogão pode atingir alta temperatura rapidamente. Um fogão de painel solar consiste em um painel reflexivo, tigela de vidro transparente e panela escura (THEIS, 1990).

Geralmente é mais simples e mais econômico para construir também é adaptável na maioria das situações. Comida cozido neste fogão geralmente contém mais umidade, por isso é bom usar para sopas, ensopados etc. Os fogões solares (forno) são o tipo mais comum de fogões. Essa tecnologia é como forno tradicional com alimentos colocados em caixa isolados. O fogão de caixa pode ser feito de qualquer tipo de material, como madeira ou plástico e, em seguida, coberto por vidro transparente ou plástico para permitir a energia solar raios dentro da caixa e, ao mesmo tempo, impedir a captura dos raios solares que foram convertidos em energia térmica. Para um cozimento eficaz e de temperatura mais alta, os painéis refletores adicionados para concentrar os raios do sol em direção ao pote de cozinha. Estes fogões podem facilmente alcançar temperatura acima de 100 ° C, por isso é possível usá-los para fritar (PANESI, 2006).

O concentrador consiste em uma superfície reflexiva parabólica feita de vidro para formar um espelho que colocou em uma estrutura de agente. O receptor é feito de tubos absorvedores especialmente revestidos cobertos por vidro Pyrex ao longo da linha focal. As partes distais do receptor localizadas nos dois fulcros são montadas nas vigas estruturais (GIMENES, 200).

Os sistemas de rastreamento são dispositivos de eixo único que rastreiam o sol de leste a oeste, que os raios do sol refletidos no tubo absorvedor durante todo o tempo de rastreamento. Um fluido de transferência de calor (óleo) com uma temperatura de cerca de 400 ° C flui através do tubo absorvedor, quando atinge o trocador de calor; converte a água em vapor. Passagens de vapor superaquecidas através de uma turbina, gerando energia elétrica. Este tipo de usina com armazenamento de calor é capaz de gerar eletricidade mesmo após o pôr do sol (THEIS, 1990).

Este sistema inclui um conjunto de espelhos, que concentram separadamente a energia solar a refletem para a receptora central no topo da torre alta. Energia recolhida na central receptora é transferida para o trocador de calor montado na torre, onde a água é convertida em vapor superaquecido. Este vapor aciona uma turbina de gerador instalada na parte inferior da torre para produzir eletricidade (PANESI, 2006).

Alguns materiais são capazes de absorver fótons de luz e liberar elétrons, esse fenômeno é chamado efeito fotoelétrico. Células fotovoltaicas convertem a luz solar diretamente em energia elétrica sem usar nenhum mecanismo mecânico ou químico. A operação de células fotovoltaicas é baseada no princípio da tecnologia de semicondutores. Quando dois semicondutores, como o silício e o arseneto de gálio, são colocados em contato uns com os outros e expostos à luz, a eletricidade fluirá entre eles (THEIS, 1990).

Isto foi notado pela primeira vez por Edmund Becquerel em 1839 (SEIA). O desenvolvimento real da tecnologia fotovoltaica começou nos anos 50 e ganhou impulso através do programa espacial da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) durante a década de 1960 (NASA). Agora, os pesquisadores estão tentando aumentar a eficiência de conversão e estratégias de produção em massa, a fim de reduzir a produção de módulos fotovoltaicos (PANESI, 2006).

Uma variedade de materiais pode ser usada na fabricação de células solares, cada uma das quais tem eficiência de custos. De fato, as células fotovoltaicas devem ser projetadas para converter diferentes comprimentos de onda de a luz solar que atinge a superfície da terra em energia útil com alta eficiência. Os materiais usados para fazer células solares podem ser classificados em três gerações: A primeira geração de tecnologias fotovoltaicas: células de silício cristalino. O silício é um dos elementos mais abundantes na terra e é muito adequado para uso em sistemas fotovoltaicos. Dependendo de como as bolachas de silício são feitas, as células de silício cristalino são divididos em duas categorias gerais: silício mono-cristalino e poli-cristalino silício. Outras categorias cristalinas incluem células de arseneto de gálio (GIMENES, 200).

A Segunda geração de tecnologias fotovoltaicas: células solares de película fina. Após mais de 20 anos de pesquisa e desenvolvimento, as células solares de filme fino começaram espalhar. Em comparação com as pastilhas de silício, os filmes finos reduziram bastante o custo da eletricidade significativo. Três tipos principais de células solares de película fina, que já foram comercializados, são: o silício amorfo (aSi / $\mu\text{c-Si}$) 26 o telureto de cádmio (Cd-Te) o cobre-índio-seleneto (CIS) e o cobre-índio-seleneto de cálcio (CIGS) (THEIS, 1990).

A terceira geração de tecnologias fotovoltaicas: em desenvolvimento. Essas tecnologias ainda estão sendo desenvolvidas e testadas. Eles incluem: o Fotovoltaico concen-

trado (CPV) as células solares orgânicas a célula solar sensibilizada por corante as células solares de polímero e células solares de cristal líquido (PANESI, 2006).

Sistemas fotovoltaicos são aplicáveis para consumo público e agricultura ele pode ser conectado à rede elétrica ou funciona como sistemas autônomos com sistema fixo ou móvel e com estrutura em pequena ou grande escala a fim de fornecer energia necessária para pequenas redes em grandes usinas elétricas (MEDEIROS, 1996).

Possibilidade de rastrear o sol e maximizar a geração de eletricidade a partir da luz do sol durante o dia são as principais vantagens de usar o sistema móvel, no entanto, devido ao alto risco de falhas em sistemas mecânicos, usando esta tecnologia para escala pequena e esporádica não são recomendados. Esta tecnologia tem sido usada apenas em poucas usinas fotovoltaicas em todo o mundo (OLIVEIRA, 2002).

Neste método, a energia elétrica dos sistemas fotovoltaicos é transferida diretamente para a malha energética. Tensão e frequência da energia elétrica produzida pelo sistema fotovoltaico podem ser ajustadas para atender as características de tensão, frequência e fase da rede elétrica nacional usando o equipamento elétrico para converter a corrente contínua (CC) à corrente alternada (CA), tal como inversores conectados à rede e etc (LEITE, 1997).

A centralização / descentralização do sistema fotovoltaico ligado à rede aumenta o poder energético da distribuição rede (tensão e corrente injetadas evita a queda de tensão da rede de distribuição de energia durante o dia) (MEDEIROS, 1996).

Ao implementar o sistema PV conectado à rede, cada membro da rede elétrica nacional representa pequena geração distribuída (DG). Além de fornecer suprimento suficiente de energia elétrica requerida pelo consumidor; um excedente do consumidor pode ser injetado na rede distribuída (OLIVEIRA, 2002).

Um sistema autônomo fornece energia para telecomunicações, residências, tendas nômades e casas rurais precisam, em geral, áreas sem rede elétrica. Estes sistemas produzem alta proporção da geração de energia fora da rede mundial. Em muitos países (especialmente países em desenvolvimento) esses sistemas podem ser usados para fornecer requisitos de energia aldeias sem eletricidade destes sistemas, por exemplo, a Indonésia tem vindo a fornecer eletricidade para as famílias rurais (LEITE, 1997).

Além de sistemas de energia autônomos, a energia fotovoltaica pode ser usada de outras maneiras. Estes são: Bombeamento de água a energia solar / fotovoltaica é usado efetivamente para a água. Bombas solares são aplicáveis em uso de irrigação, rega de gado, aquacultura, rega de florestas, prados, fontes, etc. O aumento das demandas neste setor reflete os recursos e a funcionalidade do sistema (MEDEIROS, 1996).

A iluminação movida à energia solar pode ser usada em residências áreas e escolas, entre estações rodoviárias, túneis, lanternas marinhas, luzes do parque, etc. A vantagem de esta tecnologia está fornecendo luz durante a noite que é fator importante para grandes e industriais cidades. Sem acesso à eletricidade, a iluminação é limitada a lâmpadas de óleo ou luzes de dínamo. Luzes solares são uma solução perfeita para áreas sem acesso a eletricidade para iluminação. Dezenas de milhares de exemplos desses sistemas são

instaladas globalmente e utilizadas todo ano (OLIVEIRA, 2002).

Segundo Leite (1997), a energia solar tornou-se uma fonte alternativa promissora devido a suas vantagens: abundância, livre de poluição e renovabilidade. Alguns as principais vantagens são: uso direto do calor resultante da absorção de radiação solar, conversão direta de luz em eletricidade através de um simples dispositivo de estado sólido, ausência de partes móveis, capacidade para funcionar sem vigilância por longos períodos.

A natureza modular em que as correntes, tensões e os níveis de potência podem ser alcançados por simples integração, baixa manutenção custo, longa vida útil, alta confiabilidade, respostas rápidas saídas para entrada de alterações de radiação, alta capacidade de manipulação de energia de microwatts a quilowatts e até megawatts, alta potência para relação de peso, que é mais importante para aplicações espaciais do que terrestre (pode ser favorável para alguma aplicação terrestre), passível de instalação no local, energia descentralizada / dispersa; assim, o problema da distribuição de energia por fios poderia ser eliminado pelo uso de células solares no local onde a energia é necessária (MEDEIROS, 1996).

Eles podem ser usados com ou sem rastreamento solar, possibilitando vasta gama de aplicações. Os principais fatores que limitam o uso de energia solar para várias aplicações é que, é dependente do tempo cíclico fonte de energia. Portanto, o sistema solar requer energia armazenamento para fornecer energia na ausência de insolação. As Pesquisas abrangentes e avanço no armazenamento de energia tecnologias oferecem benefícios para a energia solar na aplicação de energia. Há sim trabalho considerável em tecnologia de célula de combustível, que deve oferecer um mecanismo mais barato e eficiente para armazenar energia (OLIVEIRA, 2002).

Sistemas solares, que quando não conectados à rede, armazenam energia na bateria acidificada ao chumbo convencional. Da mesma forma, o hidrogênio oferece um potencial considerável como uma importante fonte de energia, e os testes estão sendo feito para usar energia solar para produzir hidrogênio como fonte de energia (LEITE, 1997).

O uso de energia solar é geralmente dividido em duas áreas principais: eletricidade solar térmica e solar. O primeiro usa o sol como uma fonte de energia de calor e é mais comumente usados para o fornecimento de água para casas e piscina. A eletricidade solar procura converter luz do sol diretamente em eletricidade através de um processo conhecido como fotovoltaico. O sistema fotovoltaico pode ser categorizado como sistema fotovoltaico autônomo, sistema fotovoltaico para veículo aplicações (veículos solares), sistema fotovoltaico ligado à rede e sistemas de construção (MEDEIROS, 1996).

O sistema independente não fornece energia para a rede. Isto pode variar muito em tamanho e aplicação variando de relógios de pulso ou calculadoras para construção remota ou espaçonave (OLIVEIRA, 2002).

Sistemas de hidrogênio quanto à sua usabilidade como sistema de fornecimento de energia para plataforma de alta altitude. A principal atenção durante a análise de todo o sistema de energia solar-hidrogênio foi direcionada para a característica de tecnologia disponível atual ou em curto prazo., Célula de combustível e tanques de gás, e sua dependência do modo de operação e faixa de potência (LEITE, 1997).



A geração de energia fotovoltaica tem sido mais útil em aplicações com requisitos de energia pequenos, onde o custo de a execução de linhas de distribuição não era viável. Como a energia PV se torna mais acessível, o uso de energia fotovoltaica para aplicações conectadas à rede está aumentando. No entanto, o alto custo dos módulos fotovoltaicos e a grande área que eles exigem continuam a serem obstáculos para o uso de PV energia para suplementares utilitários elétricos existentes. Uma interessante abordagem para ambos os problemas é a integração de energia fotovoltaica em materiais de construção. Fotovoltaico integrado ao edifício (BIPV) oferecem vantagens em custo e aparência, incorporando propriedades fotovoltaicas em materiais de construção, tais como coberturas, dimensionamento e vidro (MEDEIROS, 1996).

Quando os materiais BIPV são substituídos por materiais convencionais em novas construções, a poupança envolvida compra e instalação dos materiais convencionais é aplicada ao custo do sistema fotovoltaico. Instalações BIPV são arquitetonicamente mais atraentes do que a estrutura fotovoltaica montada no teto. A maioria de aplicações de geração de energia fotovoltaica é remotas, aplicações fora da rede. Estes incluem satélites de comunicação, sites de comunicação terrestre, casas e aldeias remotas e bombas de água. Estes são, por vezes, sistemas híbridos que incluem um gerador acionado por motor para carregar as baterias quando a energia solar é insuficiente (OLIVEIRA, 2002).

Em aplicações conectadas à rede, a energia contínua da energia solar células percorre um inversor e alimenta de volta para a distribuição sistema. Os sistemas conectados à rede provaram seu valor em desastres fornecendo recursos de energia de emergência quando a energia foi interrompida. Embora, a energia fotovoltaica seja geralmente mais cara do que energia fornecida pela concessionária usa de sistema conectado à rede está aumentando (LEITE, 1997).

O painel fotovoltaico converte a energia solar em energia em corrente contínua, que depende diretamente da insolação. O diodo de bloqueio facilita a matriz gerada poder fluir apenas para o condicionador de energia. Sem um diodo de bloqueio, a bateria descarregaria de volta através da matriz solar durante a baixa insolação. Condicionador de energia contém um rastreador de ponto de potência máxima (MPPT) uma carga da bateria e um controlador de descarga.

O MPPT garante que a potência máxima gerada pelo painel fotovoltaico solar é extraída em todos os instantes, enquanto o controlador de descarga de carga é responsável por Prevenção de sobrecarga ou descarga excessiva do banco de baterias necessária para armazenar eletricidade gerada pela energia solar tempo sem sol. Em sistemas fotovoltaicos simples, onde a tensão do módulo fotovoltaico é compatível com a voltagem da bateria, o uso de eletrônicos MPPT é geralmente considerado desnecessário, já que a voltagem da bateria é estável o suficiente para fornecer coleta de energia quase máxima do módulo fotovoltaico (MEDEIROS, 1996).

O sistema autônomo não possui conexão com a rede. Nos últimos anos, extensa pesquisa em forma de experimental como bem como estudos de simulação está sendo realizados na aplicação sistemas fotovoltaicos como fontes de energia distribuída (DERs) para fontes de energia não convencionais com baixos impactos ambientais impactos (OLIVEIRA, 2002).

A energia solar terá um papel cada vez mais importante em um futuro em que reduzir a dependência de combustíveis fósseis e abordar as questões ambientais é uma prioridade. O setor de tecnologia de energia é experimentando uma mudança marcante de sua arquitetura tradicional de sistemas de fornecimento centralizados e em grande escala que aproveitam economias de escala. PV certamente se encaixa nessa tendência. Portanto comparações tradicionais de custos com base no grande mercado de energia a granel podem ser enganador. PV é pioneiro no desenvolvimento de um novo mercado de serviços energéticos em que a tecnologia não fornecimento de energia, mas deve atender a demanda por tais serviços como gestão de energia, energia de reserva ou de emergência, melhorias e diversidade de combustível (LEITE, 1997).

A geração de energia a partir da tecnologia fotovoltaica é simples confiável, disponível em todos os lugares, quase manutenção livre, limpo e adequado para aplicações fora da rede. Mas, fotovoltaica eficiência e os custos de fabricação não atingiram o ponto que a geração de energia fotovoltaica pode substituir a produção convencional de carvão, gás e instalações de geração de energia nuclear (MEDEIROS, 1996).

Para uso de carga de pico armazenamento de bateria, o custo da energia fotovoltaica é muito mais do que potência convencional (comparações de custo entre energia fotovoltaica e energia gerada convencionalmente são difíceis devido à amplas variações no custo de energia da concessionária, disponibilidade de luz solar e outras variáveis) (OLIVEIRA, 2002).

Progressos substanciais foram feitos na área de geração de energia solar e análise de cobertura de aplicação, simulação, e desenvolvimento de hardware e testes para maximização da eficiência e minimização de custos. No entanto, muitos problemas e questões, especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias de energia solar inesgotável e limpas para enormes prazos mais longos benefícios e uma ampla gama de políticas necessárias para desbloquear potencial considerável da energia solar ainda precisa ser tratado para planejamento apropriado do sistema e operação do sistema (LEITE, 1997).

4. CONCLUSÃO

O sol oferece à humanidade um potencial energético virtualmente ilimitado. A energia solar pode ser aproveitada de várias maneiras, o que podem ser combinados para melhor atender às necessidades de energia da população e economia global como citado no decorrer deste trabalho. Porque está disponível em todo o planeta, pode fornecer acesso mais rápido a serviços modernos de energia comunidades desfavorecidas em áreas rurais com baixa densidade populacional.

Também podem ajudar eles satisfazem as necessidades de energia para cozinhar, deslocando formas de usar biomassa que ineficiente insalubre e não sustentável. Para a maior parte da população mundial, a energia solar pode fornecer inesgotável e limpa eletricidade em grandes quantidades, apenas superada pela energia eólica em países temperados e frios.



A eletricidade será a principal operadora de energia solar, deslocando o uso de combustíveis fósseis motores e bombas de calor, valendo-se fortemente da energia solar e geotérmica do ambiente. Uma abordagem integrada para a implantação de energia solar precisa primeiro avaliar e caracterizar todas as necessidades de energia, para identificar a combinação mais inteligente possível de fontes para atender necessidades sempre que possível, a cidade passiva e os projetos de construção maximizam a luz do dia, a energia solar a captura de calor (ou blindagem contra irradiação solar excessiva) deve ser utilizada para diversas aplicações tanto residenciais como industriais.

Este trabalho aborda os principais sistemas de captação solar para aproveitamento energético e servirá para possíveis pesquisas advindas sobre o tema, além disso, contribui para a comunidade científica sobre o uso da energia solar como eficiência energética para indústrias em geral, portanto o trabalho atingiu os seus objetivos à medida que buscou informações relevantes sobre energia solar tão proveitosa para economia de energia apesar de ter um custo alto ainda.

Referências

ALDABÓ, R.. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

FURLAN, A. L.. **Análise Comparativa de Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica Fotovoltaico por meio de Baterias e Hidrogênio em Localidades Isoladas da Região Amazônica**. 2008. 118 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento em Sistemas Energéticos)

GIMENES, A. L. V. **Agregação de valor à energia elétrica através da gestão integrada de recursos**. 2000. 253 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo.

LEITE, A. **A Energia do Brasil**. Editora Nova Fronteira, 1997.

LORENZO, E. **Electricidade Solar: Engenharia de los Sistemas Fotovoltaicos**. Madri: Editoras Arte Gráficas Gala, 1994.

MEDEIROS, R.A. **O Capital Privado na Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro**. In: História e Energia 6. Eletropaulo – Departamento de Patrimônio Histórico, São Paulo, 1996.

OLIVEIRA, Marcos de. **Fonte Estelar: casa que funciona com eletricidade dos raios solares vai a competição internacional**. Revista Pesquisa FAPESP, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, R.M. **Gerenciamento de Energia Elétrica em Uma Empresa de Saneamento Ambiental**. VI Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Vitória-ES, 01 a 05 de outubro de 2002.

PANESI, A. R. Q. **Fundamentos de Eficiência Energética**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

THEIS, I. M. **Crescimento econômico e demanda de energia no Brasil**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990.

VALLÊRA, António. **Energia Solar Fotovoltaica**. Gazeta de Física, Lisboa, v. 29, jan. 2006.

CAPÍTULO 35

OSCILAÇÃO DE TENSÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO E MEDIDA DE REGULARIZAÇÃO

*VOLTAGE OSCILLATION IN DISTRIBUTION NETWORKS AND
REGULARIZATION MEASUREMENT*

Bruna Celeste Costa Bezerra¹

¹ Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O setor elétrico, como uma das bases do sistema econômico, enfrenta, hoje em dia, grandes desafios para fornecer energia elétrica de qualidade com níveis de tensão regulados, sem oscilações e sem perdas do fornecimento. A agência Reguladora ANEEL e o próprio consumidor têm exigido cada vez das concessionárias de energia, que têm investido em tecnologias e processos para tornar o Sistema Elétrico de Distribuição mais confiável no que diz respeito ao fornecimento. Tem-se como objetivo geral apontar os padrões de qualidade para que o consumidor final tenha uma energia de adequada. Trata-se de uma pesquisa fundamentada em uma revisão de literatura, com caráter descritivo e quantitativo. Para garantir essa prestação de serviço a ANEEL criou indicadores de qualidade o qual são submetidas às Concessionárias, como o DRP e DRC, onde a violação destes permite ao consumidor ser compensado financeiramente. Para solucionar essas perdas, equipamentos de regulação são instalados na rede com o Regulador de Tensão. À medida que a tensão do cliente varia o Regulador realiza ciclos de comutações que assegura um nível de tensão com menor faixa de regulação às instalações do cliente, evitando paradas e queimas dos seus equipamentos.

Palavras-chave: Fornecimento de Energia; Qualidade no Fornecimento; Agência reguladora; Indicadores de Qualidade; Regulador de Tensão.

Abstract

The electric sector, as one of the bases of the economic system, faces, nowadays, great challenges to supply quality electric energy with regulated voltage levels, without oscillations and without supply losses. The Regulatory Agency ANEEL and the consumer themselves have increasingly demanded from energy concessionaires, which have invested in technologies and processes to make the Electric Distribution System more reliable in terms of supply. The general objective is to point out the quality standards so that the final consumer has adequate energy. This is a research based on a literature review, with a descriptive and quantitative character. To guarantee this service provision, ANEEL created quality indicators which are submitted to the Concessionaires, such as the DRP and DRC, where the violation of these allows the consumer to be financially compensated. To solve these losses, regulation equipment is installed in the network with the Voltage Regulator. As the customer's voltage varies, the Regulator performs switching cycles that ensure a voltage level with a lower regulation range to the customer's installations, avoiding stops and burns of their equipment.

Keywords: Energy Supply; Supply Quality; Regulatory agency; Quality Indicators; Voltage regulator.

1. INTRODUÇÃO

Devido seus recursos naturais o Brasil possui condições favoráveis para que a geração de energia elétrica seja predominantemente hidrelétrica, tendo mais de 110 usinas em funcionamento. Estas por sua vez situadas longe dos centros de cargas, havendo um longo caminho entre a produção e o consumo final, por conseguinte gerando perda de energia, trazendo prejuízos aos consumidores e afetando a economia.

Os sistemas de energia elétrica podem ser considerados o maior sistema industrial criado pela humanidade devido à combinação da extrema conveniência de uso e as incontáveis aplicações da eletricidade com suas particularidades físicas. Sua dimensão esta relacionada com seu alcance, na forma em que estes sistemas formados por usinas de energia elétrica localizada onde existam fontes de energia primária na forma mais adequada, é projetado e operado para levar eletricidade praticamente para todo lugar habitado por seres humanos.

Sua dimensão está relacionada com seu alcance, na forma em que estes sistemas formados por usinas de energia elétrica localizada onde existam fontes de energia primária na forma mais adequada, é projetado e operado para levar eletricidade praticamente para todo lugar habitado por seres humanos.

Com a privatização das concessionárias de energia, maiores exigências do Órgão Regulador da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e do próprio consumidor, a preocupação em fornecer energia com qualidade e níveis de tensões adequados se tornou mais rigorosa. Para isso as concessionárias contam com equipamentos que mantem as tensões em níveis adequados como: Regulador de Tensão e Banco Capacitor.

Quais os limites de violação e o que as concessionárias têm feito para corrigir essas transgressões do sistema elétrico? Conforme está previsto na resolução da ANEEL, há um modelo de Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), que normatiza e padroniza as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e ao desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Entende-se de perdas técnicas as perdas geradas pelo transporte, que ocorrem em virtude do aquecimento dos fios condutores. Naturalmente é um problema enfrentado por todas as concessionárias brasileiras, que tem buscado cada vez mais recursos que minimizam esses impactos para seus consumidores.

Tem-se como objetivo geral apontar os padrões de qualidade para que o consumidor final tenha uma energia de adequada. Bem como os objetivos específicos, abordar a configuração do sistema de distribuição; identificar os limites regulatórios regidos pela ANEEL; e conhecer os Equipamentos de Regularização utilizados pelas concessionárias para corrigir este problema.

O estudo consistirá de uma estrutura teórica onde será feito uma análise do contexto em que se encontra a rede de distribuição de energia elétrica e a qualidade do fornecimento distribuída aos seus consumidores. Na busca pela obtenção dos resultados e das



conclusões, foi realizada uma pesquisa da estrutura atual das concessionárias e dos equipamentos utilizados atualmente para corrigir oscilações de nível de tensão.

Trata-se de uma pesquisa fundamentada em uma revisão de literatura, com caráter descritivo e quantitativo. Foram utilizados para compor este estudo, artigos científicos publicados nos últimos 10 anos, todos em língua portuguesa ou inglesa, escolhidos por terem maior acessibilidade ao conteúdo abordado e terem maior afinidade com o tema abordado.

Estes estudos foram coletados através da Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico. A construção do desenvolvimento do projeto foi no período de setembro a novembro de 2021, tendo sua coleta e tratamento de dados nos meses de fevereiro a junho de 2022. A análise de dados se deu através da leitura e interpretação dos dados, para assim, responder aos objetivos deste estudo.

Os artigos foram procurados através dos descritores: Fornecimento de Energia; Qualidade no Fornecimento; Agência reguladora; Indicadores de Qualidade; Regulador de Tensão, em conformidade com os Descritores.

O trabalho com objetivo essencialmente acadêmico irá apontar os padrões de qualidade para que o consumidor final tenha uma energia de adequada, no capítulo 1 abordará a configuração do sistema de distribuição, no capítulo 2 aborda os limites regulatórios regidos pela ANEEL e o capítulo 3 os Equipamentos de Regularização utilizados pelas concessionárias para corrigir este problema.

2. CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

O segmento de distribuição no Brasil é composto por 63 concessionárias e é o responsável por receber uma grande quantidade de energia do sistema de transmissão de energia e distribui para os consumidores médios e pequenos. As concessionárias são responsáveis pela administração e operação das redes de média e baixa tensão, fazendo com que a energia elétrica chegue aos consumidores finais (OLIVEIRA et al., 2012).

Nesse segmento, ocorre a redução da tensão para níveis mais seguros, onde esse processo ocorre nas subestações rebaixadoras. Por isso, é importante conhecer um pouco a respeito dos principais equipamentos utilizados nas subestações para poder entender como é feita a distribuição de energia elétrica (LIMA, 2016).

Subestação, também denominada por SE é formada por um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação de tensão, que tem por função basicamente elevar ou diminuir a tensão (DUAILIBE, 1999).

As Subestações podem ser classificadas de acordo com a função: manobra, elevadora, abaixadora, distribuição e regulação de tensão; quanto ao nível de tensão; quanto ao tipo de instalação: abrigadas, desabrigadas e blindadas compactas; e também, quanto à forma de operação: operadas por um funcionário, semiautomáticas ou automatizadas

(GARCIA; DUZZI, 2012).

Basicamente as subestações têm as seguintes funções:

- a) Transformação: ela é a responsável pela modificação dos níveis de tensão, adequando às formas de transmissão, distribuição e o consumo.
- b) Regulação: responsável por regular os níveis de tensão, mantendo-os nos limites permitidos pela ANEEL.
- c) Chaveamento: às vezes é necessário manobras no sistema de transmissão ou distribuição para isolar partes com defeitos, sendo a SE responsável pela conexão e desconexão de componentes da rede.

De acordo com Duailibe (1999) os tipos de equipamentos constituintes das subestações também podem ser classificados de acordo com o tipo de função que apresentam dentro das Subestações, sendo:

- a) Equipamentos de Transformação: transformadores de potência ou de força, transformadores utilizados para adequar os níveis corretos de tensão e corrente em instrumentos (transformadores de potencial – TP e transformadores de corrente – TC);
- b) Equipamentos de Proteção: para-raios, relés e fusíveis;
- c) Equipamentos de Manobra: disjuntores e chaves seccionadoras;
- d) Equipamentos de Medição: instrumentos capazes de mensurar as grandezas como corrente, tensão, potência ativa, potência reativa, frequência, entre outros.

As redes de distribuição são compostas por linhas e alta, média e baixa tensão e a conexão entre os equipamentos do sistema até a chegada de energia elétrica aos consumidores finais são feitas por cabos condutores de energia, e podem ser classificados de acordo com a tensão.

Existem quatro tipos de redes de distribuição de energia elétrica. São eles: Rede de Distribuição Aérea Convencional, Rede de Distribuição Aérea Compacta, Rede de Distribuição Aérea Isolada e Rede de Distribuição Subterrânea.

2.1 Rede de distribuição aérea convencional

É o tipo de rede que comumente é encontrada no Brasil, na qual os condutores são sem isolamento (nus), com estruturas compostas de isoladores que podem ser de porcelana, vidro ou poliméricos sob cruzetas de concreto, madeira ou polimérico (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2010). Todas as estruturas estão sobre os postes os postes que são vistos nas ruas de toda a cidade.



2.2 Rede de distribuição aérea compacta

Esse tipo de rede surgiu no Brasil na década de 1990, sendo muito mais protegida do que as redes convencionais, pois é composta de condutores isolados tipo XLPE (polietileno termofixo), sendo separados por espaçadores poliméricos presos com anéis elastoméricos que são sustentados por um cabo mensageiro de aço (GOMES, 2010).

2.3 Rede de distribuição aérea isolada

Segundo Bernis (2015), nesta rede são utilizados três condutores isolados, blindados, traçados e reunidos em torno de um cabo mensageiro de sustentação. Assim, para compor as redes isoladas são necessários condutores – cabos de alumínio, isolados para 15 Quilovolt (kV). Com camadas semicondutoras que confinam o campo elétrico em seu interior, acessórios desconectáveis, peças moldadas em borracha EPDM (inglês para *ethylene propylene diene methylene rubber* (borracha etileno-propileno-dieno)), utilizada em todas as conexões e derivações da rede e terminações, peças moldadas em bases poliméricas para promover a transmissão entre os condutores isolados e os condutores das redes nuas ou protegidas.

2.4 Rede de distribuição subterrânea

Os sistemas subterrâneos de distribuição de energia elétrica, segundo Azevedo (2010), são caracterizados pelo uso de cabos e demais equipamentos elétricos totalmente enterrados. Sua utilização é indicada em áreas urbanas com alta densidade de carga, em que a rede aérea é inviável. Os cabos podem ser instalados diretamente enterrados ou protegidos por uma estrutura civil composta por bancos de dutos, caixas de passagem e câmaras subterrâneas.

Apesar do custo mais elevado de instalação, os sistemas subterrâneos são justificados, de acordo com Nakaguisi e Hermes (2011) em áreas com grande densidade de carga, locais com congestionamento de equipamentos aéreos e, também, em locais onde os fatores estéticos devem ser levados em conta, como cidades históricas, turísticas, bairros típicos, loteamentos e bairros de alto poder aquisitivo.

3. OS LIMITES REGULATÓRIOS REGIDOS PELA ANEEL

O setor de distribuição é um dos mais regulados e fiscalizados, sendo esse regulado pela ANEEL através das normas elaborados no PRODIST. Esse documento tem como objetivo normatizar e padronizar as atividades como uma forma de acompanhar a qualidade dos serviços prestados pelas concessionárias (distribuidoras) de energia. Um dos principais objetivos do agente regulador é garantir que as concessionárias de energia forneçam energia de qualidade e a prestação de serviço também seja de qualidade, através de aplicação de multas para os casos de não atendimento as exigências e padrões citados no documento ANEEL (2017).

Para manter a qualidade na prestação do serviço de distribuição de energia elétrica, a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de qualidade.

a) DRP: Duração relativa a transgressão de tensão precária;

b) DRC: Duração relativa da transgressão de tensão crítica;

Esses indicadores de conformidade DRP e DRC que são medidos em regime permanente, são calculados utilizando respectivamente as equações (1) e (2). São necessários o registro de 1008 leituras válidas para gerar os indicadores individuais de 10 minutos cada.

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \cdot 100[\%] \quad (2)$$

Onde:

DRP = Duração relativa da transgressão de tensão precária;

DRC = Duração relativa da transgressão de tensão crítica, expressa;

nlp = número de leituras situadas nas faixas precárias;

nlc = número de leituras situadas nas faixas críticas;

1008 = número de leituras válidas a cada 10 (dez) minutos no período de observação;

Ainda no modulo 8 vemos o cálculo para determinar os índices Equivalentes por consumidor, onde são considerados os índices de duração relativa as transgressões, conforme as fórmulas (3) e (4) abaixo:

$$DRP(e) = \sum \frac{DRP(i)}{N(i)} [\%] \quad (3)$$

$$DRC(e) = \sum \frac{DRC(i)}{N(i)} [\%] \quad (4)$$

Onde:

DRPi = duração relativa de transgressão de tensão precária individual da unidade consumidora (i);

DRCi = duração relativa de transgressão de tensão crítica individual da unidade consumidora (i);

DRPE = duração relativa de transgressão de tensão precária equivalente;

DRCE = duração relativa de transgressão de tensão crítica equivalente;

NL = total de unidades consumidoras objeto de medição.

O limite do indicador DRP é de 3% (três por cento) e O limite do indicador DRC é de 0,5% (cinco décimos por cento). O não cumprimento desses limites implica no pagamento de multa da concessionária aos consumidores lesados.

Os dados abaixo refletem a trajetória da Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) nos indicadores de DRP e DRC Equivalentes, disponíveis no website da ANEEL. É importante observar que no gráfico da Figura 1 os valores são referentes à duração relativa à transgressão de tensão precária durante o ano, enquanto o gráfico da Figura 2 ilustra os valores referentes à Duração relativa da transgressão de tensão crítica.

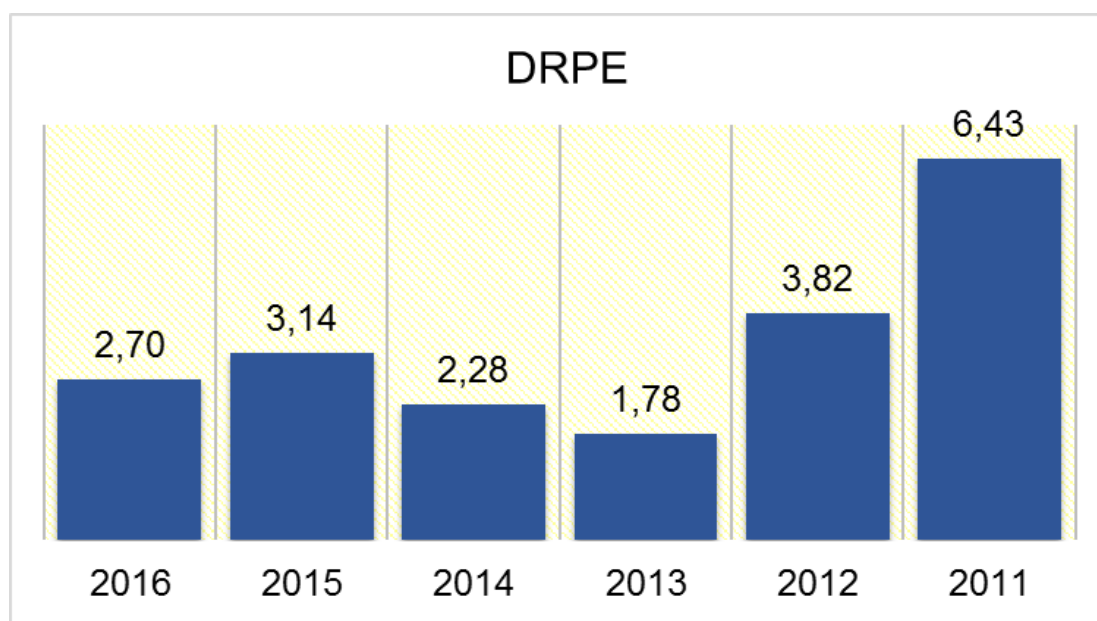


Figura 1 – DRP Equivalentes Anual CEMAR
Fonte: ANEEL (2017)

A análise da Figura 1 e a Figura 2 permite verificar que no ano de 2011 estes índices de DRP e DRC ultrapassavam os valores estabelecidos pela ANEEL, porém é importante observar que a concessionária vem trabalhando para que estes números estejam diminuindo cada vez mais.

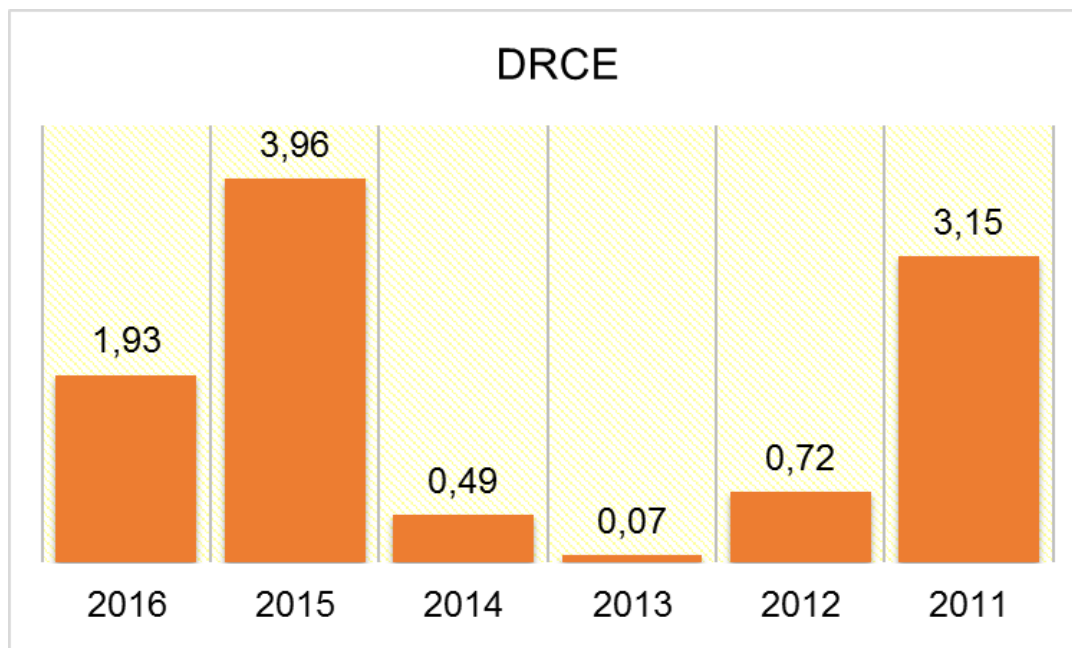


Figura 2 – DRC Equivalentes Anual CEMAR
Fonte: ANEEL (2017)

Os limites estabelecidos de DRP e DRC estabelecidos pela ANEEL compreendem um intervalo ideal para o perfeito funcionamento dos equipamentos e atendimento aos consumidores. A violação desses limites pode trazer efeitos no sistema e ao próprio cliente como “queda de rendimento dos equipamentos elétricos, interferência nos sistemas de proteção, e efeito “flicker” ou cintilação luminosa.” (FRANCO, 2013)

A resolução diz que “A distribuidora deve compensar os consumidores que estiveram submetidas a tensões de atendimento com transgressão dos indicadores DRP ou DRC e os titulares daquelas atendidas pelo mesmo ponto de conexão” (MODULO 8, 2017, p. 11).

Dessa forma é feito um cálculo de compensação para esses consumidores conforme a seguir:

$$\text{Valor} = \left[\left(\frac{\text{DRP} - \text{DRP}_{\text{limite}}}{100} \right) k_1 + \left(\frac{\text{DRC} - \text{DRC}_{\text{limite}}}{100} \right) k_2 \right] \text{EUSD}$$

Onde:

k1 = 0, se $\text{DRP} \leq \text{DRP limite}$;

k1 = 3, se $\text{DRP} > \text{DRP limite}$;

k2 = 0, se $\text{DRC} \leq \text{DRC limite}$;

k2 = 7, para consumidores atendidos em Baixa Tensão, se $\text{DRC} > \text{DRC limite}$;

k2 = 5, para consumidores atendidos em Média Tensão, $\text{DRC} > \text{DRC limite}$;

k2 = 3, para consumidores atendidos em Alta Tensão, $\text{DRC} > \text{DRC limite}$;

DRP = valor do DRP expresso em %, apurado na última medição;

DRP limite = 3 %;

DRC = valor do DRC expresso em %, apurado na última medição;

DRC limite = 0,5 %;

EUSD = valor do encargo de uso do sistema de distribuição correspondente ao mês de referência da última medição.

No gráfico da Figura 3 abaixo temos o histórico de quantidade de compensações e valor pago aos consumidores da Companhia Energética do Maranhão (CEMAR), também estão disponíveis no website da ANEEL.

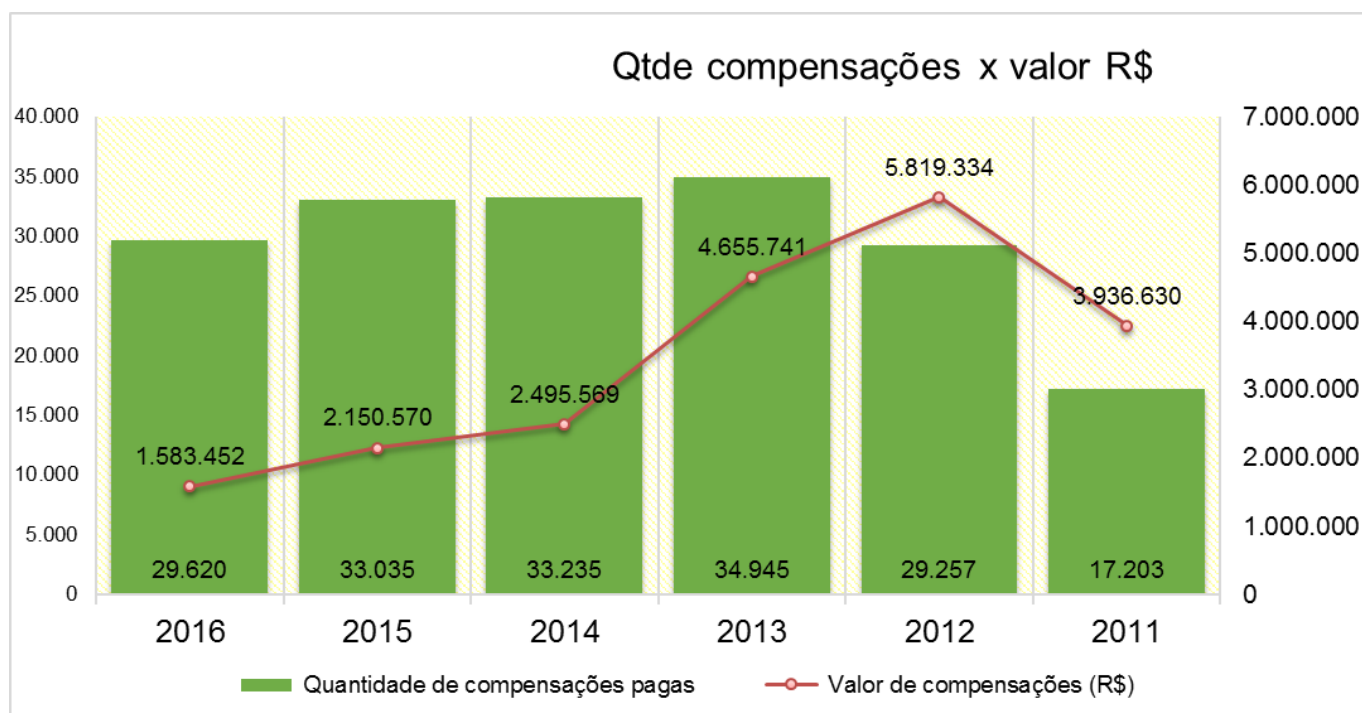


Figura 3 – Quantidades compensações x Valor R\$ CEMAR

Fonte: ANEEL (2017)

Conforme o gráfico é possível observar o crescente avanço da Companhia Energética, tendo reduzido o valor de compensações pagas no período de 2012 a 2016.

4. EQUIPAMENTOS DE REGULARIZAÇÃO UTILIZADOS PELAS CONCESSIONÁRIAS PARA CORRIGIR O PROBLEMA

O Regulador de Tensão Monofásico é um equipamento utilizado desde a década de 40 em países desenvolvidos, principalmente nos Estados Unidos, devido a sua grande extensão territorial e centros de carga muito distantes das subestações. O Brasil também é um país que por ter uma grande extensão territorial sofre com elevadas quedas de tensão em sua rede, sendo necessária a utilização desses reguladores que compensam essa queda. A utilização deste equipamento reduz significativamente os problemas de nível de tensão aos clientes, eles são instalados em pontos estratégicos da rede, ou seja, áreas previamente analisadas para que possam desempenhar sua função com exatidão.

4.1 Funcionamento

O Regulador de Tensão possui duas bobinas, B e C, sendo que a primeira, ou do lado primário, é chamada de bobina de excitação e a segunda, ou do lado secundário, é denominada como bobina de regulação ou de TAPs.

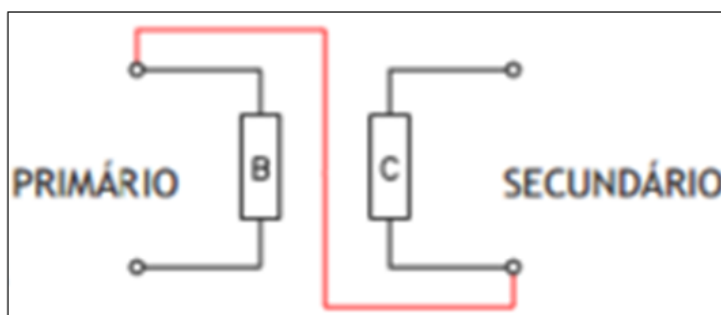


Figura 4 – Acoplamento elétrico do Regulador
Fonte: Manual de instruções para RTM Toshiba (2017)

Sendo assim este equipamento tem funcionamento similar a um autotransformador, além do seu acoplamento magnético entre primário e secundário existe uma ligação série entre as duas bobinas conforme mostrado na Figura 8 acima.

4.1.1 Funcionamento como abaixador e elevador de Tensão

Este equipamento pode funcionar com a finalidade de elevar ou abaixar a tensão, dependendo da necessidade do cliente.

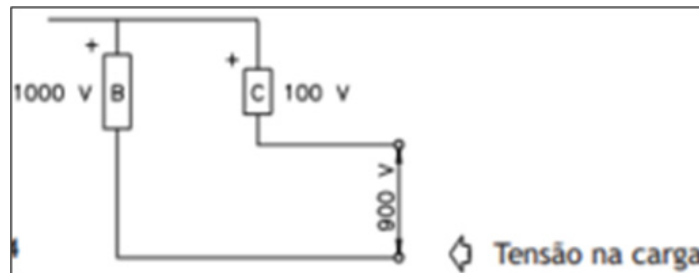


Figura 5 – Regulador Abaixador de Tensão
Fonte: Manual instruções para RTM Toshiba (2017)

Para que haja esta possibilidade o autotransformador precisa permitir que haja duas formas de ligação, uma pelo lado positivo da bobina, onde o regulador funciona regulando para uma tensão menor que a de entrada, e a outra ligação pelo lado negativo da bobina que faz com que a tensão da carga seja maior que a da fonte, conforme mostrado nas Figura 5 e 6.

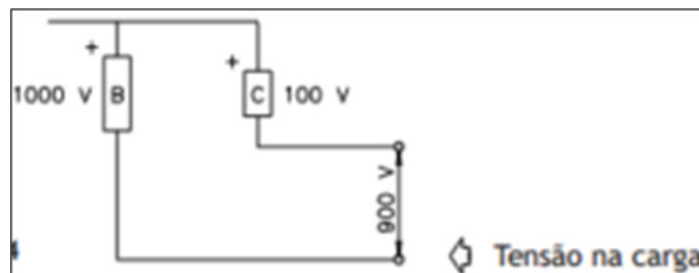


Figura 6 – Regulador Elevador de Tensão
Fonte: Manual instruções para RTM Toshiba (2017)

No entanto, para que o Regulador opere como elevador ou abaixador de tensão ele necessita de um dispositivo que faça essa permuta, e isso é realizado pela Chave Inversora de Polaridade conforme mostra a figura 7 abaixo:

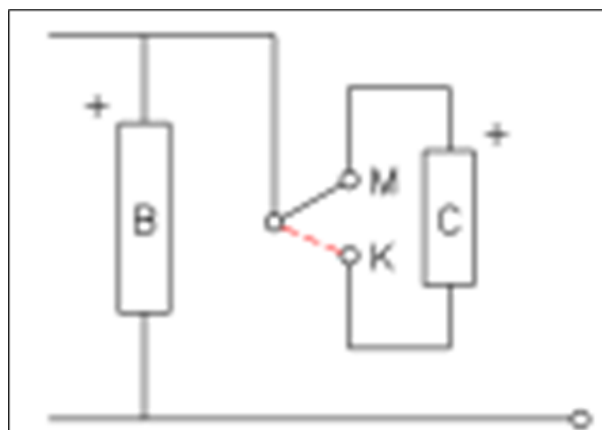


Figura 7 – Chave Inversora de Polaridade
Fonte: Manual instruções para RTM Toshiba (2017)

Com esses componentes acima o equipamento já desempenharia o papel de regular tensão, no entanto esta última iria variar muito bruscamente de +10% da tensão nominal a - 10% da tensão nominal a cada atuação da chave inversora de polaridade. Para resolver esse problema se implantou degraus de tensões os quais não permitem variações

bruscas na tensão da carga.

Estes degraus são mais conhecidos como TAPs da bobina C, onde cada TAP representa um ganho de 0,625% da tensão nominal. Outro problema seria na atuação da chave inversora de polaridade, quando ela fosse acionada ocorreria uma interrupção de corrente, ou seja, o cliente iria perceber faltas de energia constantemente e com esta manobra o regulador poderia sofrer sérios danos. Para que não haja interrupções são utilizados um reator e uma bobina de equalização, estes dispositivos permitem que, ao realizar a comutação, é garantido que sempre haja corrente passante em pelo menos uma das extremidades e que a variação da mesma ($L \cdot di/dt$) não cause elevados desgastes no comutador respectivamente.

4.2 Esquema elétrico

Abaixo temos a figura 8 que mostra em detalhes como é o esquema da parte interna ao regulador:

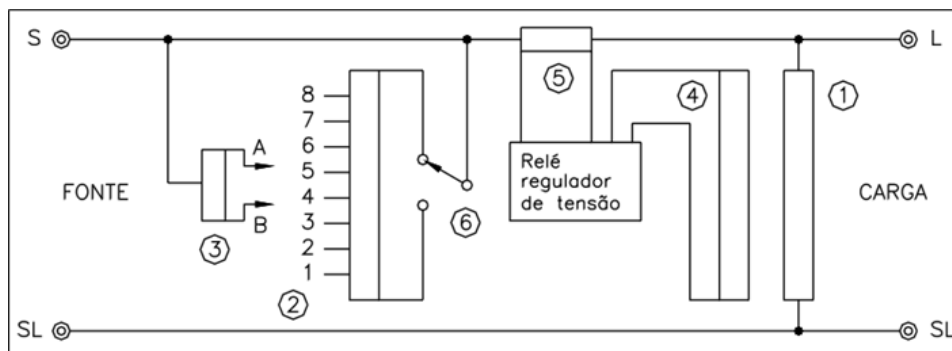


Figura 8 – Esquema Elétrico do Regulador de Tensão
Fonte: Manual de instruções para RTM Toshiba (2017)

O enrolamento 1, chamado de enrolamento de excitação (enrolamento B), induz uma tensão no enrolamento 2 (enrolamento C), também conhecido por enrolamento de TAPs ou de regulação. O TP 4 (Transformador de Potencial) instalado do lado da carga envia um sinal para o Controle do Regulador de Tensão que posiciona os terminais A e B do Reator 3 na posição adequada para manter a tensão na carga constante. A Chave Inversora de polaridade 6 determinará se o regulador elevará ou diminuirá a tensão, sendo que seu controle é feito pelo Relé do Regulador. O TC 5 (Transformador de Corrente) instalado do lado da carga enviará ao Relé do Regulador um sinal de carregamento da linha, possibilitando a compensação de quedas de tensão que ocorram no sistema.

4.3 Manutenção

Segundo Bibvíst (2000), a manutenção classificada quanto às políticas de aplicação, pode ser constituída em não planejada e planejada. A política de manutenção não planejada incide em consentir que o equipamento trabalhe até a quebra e a consequente paralisação para então executar a restauração, agindo, deste modo, de forma totalmente reativa e ocupando para a restauração um momento não planejado no qual necessitaria

estar determinando. A essa forma de ação ao mesmo tempo se designa manutenção corretiva emergencial, manutenção de crise ou manutenção por avaria (ANTUNES JUNIOR, 2010; ALMEIDA, 2011).

O bom emprego da política de manutenção não planejada comumente acontece quando a escolha de consentir rescindir ainda é mais econômica que a prevenção ou quando a precaução da falha não se saiu ativa. Também são frequentemente passíveis de manutenção corretiva emergencial os equipamentos que afligem em climas corrompidos e invasivos e que proporcionam modificações inconsideradas no processo de desgaste, embaraçando assim o bom emprego da política de manutenção preventiva fundamentada no tempo de uso ou no número de períodos (XENOS, 2008; TAKAHASHI; OUSADA, 2015).

A manutenção do regulador de tensão, assim como em todos os equipamentos, visa mantê-lo em operação para buscar a maior produtividade do mesmo, trazendo mais confiabilidade e deixando o cliente mais satisfeito com o fornecimento de energia em patamares adequados de tensão. Vejamos duas conceitos de manutenção que se aplicam perfeitamente na utilização destes equipamentos.

4.3.1 Manutenção detectiva

A manutenção detectiva identifica os defeitos através de testes no próprio regulador e seu controle, esses testes utilizam o mínimo de ferramentas possíveis, e podem detectar os defeitos mais comuns encontrados neste equipamento. Identificando estes problemas podemos tomar medidas preventivas antes da falha (COSTA, 2013).

O Regulador possui dois componentes importantes para esta análise, o primeiro é a célula e o segundo é o controle. O fato de sabermos se o problema está em um desses dois componentes nos leva a realizar a manutenção de forma totalmente diferentes, pois as manutenções do controle podem ser realizadas in loco, já as manutenções na célula, na maioria dos casos, necessitam que o equipamento seja retirado do local e levado até a oficina para que sejam dados os reparos necessários.

4.3.2 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é um dos procedimentos mais inovadores da gestão da manutenção, pois permite fazer o monitoramento e o acompanhamento de desempenho do equipamento por meio de instrumentos que fornecem dados quantitativos dos componentes. Ela sugere as condições concretas do funcionamento das máquinas com embasamento em dados que confirmam seus desgastes ou processo de degradação. Estes dados capacitarão o gerente de manutenção a planejar atividades com muito mais segurança em termos de custo (BAPTISTA et al., 2018).

Ainda segundo Baroni e Saito (2008), um programa de manutenção preditiva pode minimizar o número de quebras imprevistas e garantir que o equipamento reparado este-

ja em condições mecânicas plausíveis, podendo identificar problemas nas máquinas antes que se tornem sérios já que a maior parte dos problemas mecânicos pode ser mínima se forem detectados e reparados com antecedência.

A manutenção preditiva sugere as condições concretas do funcionamento das máquinas com embasamento em dados que confirmam seus desgastes ou processo de degradação. Estes dados capacitarão o gerente de manutenção a planejar atividades com muito mais segurança em termos de custo (NASCIF, 2011).

A manutenção preditiva em regulador de tensão é de fundamental importância para verificar se o regulador apresenta algum defeito na bobina, óleo isolante, aterramento ou aquecimento excessivo. Esse tipo de manutenção utiliza ferramentas de medição e testes que podem comprovar uma possível avaria, Com o Megômetro é identificado possíveis falhas de isolamento, com o Terrômetro encontra-se os valores de resistência de aterramento e com o TTR identifica-se possíveis curto-circuito ou circuitos abertos na bobina do equipamento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um dos grandes desafios enfrentados pelas concessionárias, as oscilações de tensão nas redes de distribuição bem como a utilização de reguladores de tensão para compensar essas falhas.

Os indicadores de qualidade se tornaram a meta mais importante para as concessionárias, pois o aumento de carga dos consumidores é nítido, fazendo com que a ANEEL crie exigências para os valores máximos calculados, como o DRP e DRC onde as próprias concessionárias buscam pelo melhoramento do seu fornecimento através de tecnologia para as suas redes.

O Regulador de Tensão é um equipamento muito importante para o sistema elétrico e precisa manter-se em pleno funcionamento, pois através de ciclos de comutação ele permite chegar valores de níveis de tensão adequados para o consumidor, podendo ser abaixador ou elevador de tensão. Foram abordados ainda conceitos importantes de manutenção para assegurar o seu funcionamento como manutenção detectiva, manutenção preditiva e manutenção periódica.

Como proposta de trabalhos futuros é possível aprofundar os demais tipos de falhas que comprometem a qualidade de energia tais como distorções harmônicas variação de frequência, desequilíbrio e variação de tensão de curta duração. É possível também estudar indicadores de continuidade e as novas tecnólogas implementadas para recomposição do sistema.

Referências

- ALMEIDA, C. **Aeroportos e Turismo Residencial**: do conhecimento às estratégias. Editorial Novembro, Coleção Nexus, Porto, 2011.
- ALMEIDA, W.A.; FERREIRA, A.M.; IVO, M.L, et al. Fatores associados à qualidade de vida de pessoas com feridas complexas crônicas. **Rev Fund Care Online**. 2018 jan/mar; 10(1):9-16.
- ANTUNES JUNIOR, J.A.V. **Manutenção Produtiva Total**: Uma análise crítica a partir de sua inserção no Sistema de Produção Toyota, 2010. Disponível em: < <http://www.iautomotivo.com/manutencaototal.htm>>. Acesso em: 30 abr. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE). **Segmento de Distribuição**. 2022. Disponível em: <https://www.abradee.org.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia/>. Acesso em: 05 abr. 2022
- AZEVEDO, F.H. **Otimização de Rede de Distribuição de Energia Elétrica Subterrânea Reticulada através de Algoritmos Genéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- BAPTISTA, M.; SANKARARAMAN, S.; MEDEIROS, I.P. de; NASCIMENTO JR. C.; PRENDINGER, H. Forecasting fault events for predictive maintenance using data-driven techniques and ARMA modeling. **Computers & Industrial Engineering**, v. 115, p.41-53, 2018.
- BARONI, T.; SAITO, A. **Apostila do Curso Técnicas Preditivas**. ABRAMAN. Joinville, 2008.
- BERNIS, R.A.O. Novas tecnologias para redes de distribuição da CEMIG. **Ação Ambiental**, n. 9, p. 20-23, 2015.
- BORGES, E. L. **Feridas**: como tratar. 2. ed. Belo Horizonte: COOPMED, 2008. 246 p.
- BURGARDT, L. **Redes Subterrâneas**: Saiba como cidades viabilizaram a conversão da fiação aérea por cabeamento enterrado. 2011. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/140203/000866782.pdf?sequenc>. Acesso em: 02 dez. 2015.
- CARNEIRO, C. M.; SOUZA, F. B.; GAMA, F. N. Tratamento de feridas: assistência de Enfermagem nas unidades de atenção primária à saúde. **Revista Enfermagem Integrada**, Ipatinga: Unileste-MG, v. 3, n. 2, nov./dez. 2010.
- CUNHA, N. A. **Sistematização da assistência de enfermagem no tratamento de feridas crônicas**. 2016. 33 f. Monografia (Bacharelado em Enfermagem) – Faculdade de Enfermagem, Fundação de Ensino Superior de Olinda - FUNESO, União de Escolas Superiores da Funeso – UNESF, Centro de Ciências da Saúde - CCS, Olinda, 2016.
- FRANCO, E. **Qualidade de Energia**: Causas, Efeitos e Soluções. 2013. Disponível em: <http://www.maco-em.com.br/pub1.html>. Acesso em: 30 abr. 2022
- FINK, A. **Viabilidade das Redes Compactas Protegidas na Distribuição de Energia Elétrica**. 2013. 51 f. Tese de Conclusão de Curso – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2013.
- KAGAN, Nelson; OLIVEIRA, C.C.B; ROBBA, E.J. Introdução aos sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 328 p.
- LAVIERI, A. **Isoladores Elétricos - Componentes básicos para um sistema elétrico**. Canal Energia. São Paulo, 2010.
- LIGHT. **Rede de Distribuição Subterrânea**. Rio de Janeiro, 2011.
- LIMA, Adriana. **Estudo da viabilidade de implantação das redes de distribuição subterrâneas**: aspectos gerais e ambientais. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro, 2016.
- LISE, F.; SILVA, L. C. Prevenção de úlcera por pressão: instrumentalizando a enfermagem e orientando o familiar cuidador. **Acta Sci. HealthSci.**, Maringá, v. 29, n. 2, p. 85-89, 2007.

- MAMEDE FILHO, J. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- MENDES, L. M. S.; SALMERON, N. A. Perfil de pacientes portadores de úlceras por pressão atendidos em hospital privado de São Paulo. **Revista Nursing**, São Paulo, v.13, n.151, 2010.
- MORAIS, G.F.C.; OLIVEIRA, S.H.S.; SOARES, M.J.G.O. Avaliação de feridas pelos enfermeiros de instituições hospitalares da rede pública. **Texto Contexto Enferm**. 2008;17(1):98- 105.
- NAKAGUISHI, Marcos Issao; HERMES, Paulo Diego. **Estudo Comparativo Técnico: Financeiro para Implantação de Redes de Distribuição Subterrâneas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.
- NASCIF, J. **Manutenção: Função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: QualityMark, 2001.
- OLIVEIRA, E. L.; OLIVEIRA, L.T.; SALLES, L.T.; AMORIN, S.L. **Sustentabilidade em obras de redes subterrâneas de infraestrutura: realidade brasileira**. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, jun. 2012.
- PEREIRA, Â.L.; BACHION, M.M. Tratamento de feridas: análise da produção científica publicada na Revista Brasileira de Enfermagem de 1970-2003. **Rev. bras. enferm.**, Brasília, v. 58, n. 2, Apr. 2005.
- RIBEIRO, M.A.S.; LOPES, M.H.B.M. Desenvolvimento, aplicação e avaliação de um curso à distância sobre tratamento de feridas. **Revista Latino Americana de Enfermagem**, v.14, n.01, p.77-84, jan/fev 2006.
- SALOMÉ, G. M.; ARBAGE, C. C. A aplicabilidade da papaína no tratamento de úlceras por pressão de calcâneo: relato de experiência. **Revista Nursing**, São Paulo, v. 11, n. 123, p. 364-367, 2008.
- SANTOS, I. C. R. V. et al. Perfil dos portadores de úlceras por pressão internados em hospitais privados da região metropolitana de Recife, João Pessoa e Aracaju. **Revista Nursing**, Olinda, v. 12, n. 142, p. 125-129, 2010.
- SOUZA, W. A. **Estudo do Comportamento de Estruturas de Redes de Distribuição Compactas Frente a Sobretensões Impulsivas**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.
- TUYAMA, L. Y. et al. Feridas crônicas de membros inferiores: proposta de sistematização de assistência de Enfermagem a nível ambulatorial. **Revista Nursing**, São Paulo, v.75, n. 7, 2014.
- VELASCO, Guiliana Del Nero; LIMA, Ana Maria Liner Pereira; COUTO, Hilton Thadeu Zarate. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Rev. Arvore**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2006.

CAPÍTULO 36

USO DE FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES: A LITERATURE REVIEW

Jeová Nascimento de Almeida¹

¹ Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O estudo trata das energias renováveis na sustentabilidade. Falar em energia renovável é remeter aos fenômenos da natureza que não carecem que os seres humanos interfiram para que energia seja produzida, visto que estes contam com ciclo contínuo e se renovam por conta própria. A exemplo o sol e a água da chuva. Mas, há de se reconhecer que muitos destes recursos são fontes finitas de energia. A referida temática remete a uma reflexão importante, sobre o futuro do planeta, acerca dos ganhos decorrentes desse tipo de energia na vida animal, humana e na sustentabilidade. Além disso, o desenvolvimento sustentável somente é determinado através de um complexo harmônico entre eixos fundamentais, que são ambiental, social e econômico. Sendo, portanto, necessário tanto na energia renovável, como na preservação do ambiente, que os referidos eixos estejam em harmonia para que ocorra o desenvolvimento sustentável. É um tema que tem sido palco de inúmeras discussões e que traz consigo também as vantagens e desvantagens da energia sustentável. Nesse sentido, a presente pesquisa tem como objetivo compreender a importância do uso de fontes de energias renováveis. Para desenvolver o estudo optou-se pelo método de revisão bibliográfica, com seleção de artigos entre os anos de 2015 a 2021. Os resultados do estudo demonstraram que os principais impactos das fontes de energias renováveis na sustentabilidade decorrem da fonte de energia hídrica, tendo em vista que além de benéficos observa-se que existem impactos que são agressivos a animais, visto que invade seu território e realocação de famílias ribeirinhas, considerada a que mais causa impacto ao meio ambiente.

Palavras-chave: Energias renováveis. Benefícios. Impactos.

Abstract

The study deals with renewable energies in sustainability. To speak of renewable energy is to refer to the phenomena of nature that do not require human beings to interfere in order for energy to be produced, since they have a continuous cycle and are renewed on their own. Like the sun and rainwater. However, it must be recognized that many of these resources are finite sources of energy. This theme refers to an important reflection on the future of the planet, about the gains arising from this type of energy in animal and human life and in sustainability. Furthermore, sustainable development is only determined through a harmonious complex between fundamental axes, which are environmental, social and economic. Therefore, it is necessary both in renewable energy and in the preservation of the environment, that these axes are in harmony for sustainable development to occur. It is a topic that has been the scene of numerous discussions and that also brings with it the advantages and disadvantages of sustainable energy. In this sense, the present research aims to understand the importance of using renewable energy sources. To develop the study, the method of bibliographic review was chosen, with selection of articles between the years 2015 to 2021. The results of the study showed that the main impacts of renewable energy sources on sustainability stem from the source of hydropower, taking into account considering that in addition to being beneficial, it is observed that there are impacts that are aggressive to animals, since it invades their territory and relocation of riverside families, considered the one that causes the most impact on the environment.

Keywords: Renewable energies. Benefits. impacts.



1. INTRODUÇÃO

Muito ouve-se falar acerca das energias renováveis, definida como autossustentada pelos recursos da natureza e que vem sendo cada vez mais sendo tema de discussões em prol de seus benefícios para o meio ambiente e conseqüentemente por reduzir os gastos inerentes a energia elétrica e suas diversas utilizações na sociedade.

No Brasil a demanda de energia elétrica vem seguindo tendenciosamente um crescimento considerável a nível mundial, onde produção e distribuição de energia carecem de planejamento para o acompanhamento das necessidades do mercado consumidor.

Aspecto relacionado a definições de sustentabilidade corporativa e conseqüentemente do pilar de sustentabilidade, que busca explorar a tomada de decisão com base nos critérios sociais, ambientais e econômicos dos empreendimentos já existentes e que ainda serão inseridos no mercado. Além disso, as energias renováveis vêm contribuindo cada vez mais com a sociedade e o planeta. Nesse sentido, a pesquisa teve o seguinte problema: Quais os benefícios do uso de fontes de energias renováveis?

Sabe-se que, o acesso à energia afeta Saúde, Educação, Poder político e o status socioeconômico. Quando se usa a eficiência energética, faz-se uso de recursos naturais com responsabilidade, promovendo melhora em diversos aspectos da sociedade e conseqüentemente para o homem.

Muitos estudos apontam que o uso de fontes de energias renováveis é uma forma de potencializar o desenvolvimento social e econômico, democratização da energia, poder de escolha e favorece positivamente o desenvolvimento sustentável, tornando-se relevante desenvolver o estudo.

Diante de tais aspectos, o objetivo geral do estudo foi compreender a importância do uso de fontes de energias renováveis. Para melhor delineamento do estudo, os objetivos específicos foram: Conhecer os aspectos conceituais das fontes de energias renováveis; descrever a relação de energias renováveis com o crescimento econômico no Brasil e apontar as principais fontes de energias renováveis e seus benefícios.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica. A busca dos artigos ocorreu na base de dados do Google Acadêmico, Scielo.. Para auxiliar na busca, foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: Fontes, Energias, Renováveis, Crescimento, Economia; .Foram selecionados artigos dos últimos 2015 a 2020 e que apresentassem objetivos semelhantes ao da presente temática

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Falar em energia renovável é remeter aos fenômenos da natureza que não carecem que os seres humanos interfiram para que energia seja produzida, visto que estes contam com ciclo contínuo e se renovam por conta própria. A exemplo o sol e a água da chuva. Mas, há de se reconhecer que muitos destes recursos são fontes finitas de energia (MATSUBARA, 2020).

É nesse sentido que as fontes de energias, mesmo naturais podem vir a se esgotar. Nesse sentido, que o meio ambiente e suas fontes naturais devem ser preservadas para que as fontes naturais possam continuar se renovando e colaborando como fontes de energia renovável (OLIVEIRA et al., 2018).

Mesmo diante de alguns recursos considerados finitos e que podem se esgotar, a ideia da energia renovável é exatamente esta: optar por fontes naturais que se renovam constantemente. Porém, apesar de serem renováveis, dependem de ciclos naturais que podem levar mais ou menos tempo para se renovarem de fato. Exemplo disso acontece quando os períodos de seca impactam a produção das hidrelétricas (PEREIRA, 2017).

Diante de tais aspectos, é importante mencionar que o ser humano desde os tempos mais remotos vem testando alternativas de energia desde que se tem registro. As explorações iniciais se deram na geração de energia pelo atrito com a madeira, descoberta do fogo. Posteriormente passaram diversas experiências que envolviam os raios, pilhas e lâmpadas incandescentes até que fossem descobertas novas matérias-primas (MARTINS, 2015).

Conforme Pereira (2017) foram diversas tentativas diferentes e com o desenvolvimento industrial, o homem passou a fazer uso de carvão e outros combustíveis, tais como os fósseis como fontes de energia. Mas, também surgiram consequências para a economia e o meio ambiente. Levando o ser humano na busca continua por energias renováveis.

Sabe-se que, a temática fontes de energias renováveis é uma temática atual e que vem sendo alvo de muitas pesquisas, visto que se trata de um assunto que envolve não somente energias que se renovam, mas também a preservação do meio ambiente, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, aspectos que envolvem um planeta terra com energia 100% limpa e que leva a reflexão dos benefícios às futuras gerações (PEREIRA, 2015).

Sendo assim, o referido discorrerá de forma breve acerca da energia renovável, sustentabilidade e energia renovável e impactos da energia renovável na sustentabilidade.

2.1 Energia renovável: conceitos

Quando se fala em energia renovável, automaticamente se reflete em algo que se renova, recursos que se regeneram em período curto, como fonte inesgotável de energia. Considerada alternativa que é modelo a nível mundial, se limitando sua utilização somen-



te a combustíveis fósseis (MATSUBARA, 2020).

A utilização desse modelo energético vem ampliando a capacidade de produzir do ser humano, desde o tempo da Revolução Industrial. Époça em que as tecnologias e máquinas foram muito utilizadas e que sua fonte de energia era o carvão mineral, também sendo um combustível fóssil. Foi a partir de então, que esse tipo de combustível é uma matriz energética global e que não é considerada energia renovável, mas convencional (PEREIRA, 2017).

Conforme Bragança (2017, p. 9):

A energia renovável ou energia sustentável conceitualmente se refere a uma terminologia direcionada à energia elétrica que tem sua origem de fontes renováveis que não causa danos ao meio ambiente. Tem a capacidade de se regenerar frequentemente e envolvem o vento, luz solar, água.

No âmbito desse tipo de energia se encontram a energia solar, eólica, geotérmica, hidroelétrica. Assim, as energias renováveis são consideradas tecnologia que tem a finalidade de não causar tantos impactos ambientais, como as causadas pelas energias não sustentáveis, tornando sua utilização benéfica (MARTINS, 2015).

Todas as fontes de energia mencionadas apresentam potencial, e são difundidas em território brasileiro, m especial no que se refere a eólica, biocombustíveis e solar. No Brasil, os investimentos em energia renovável cresceram consideravelmente entre os anos de 2012 a 2017 (OLIVEIRA, 2018).

No entanto, é necessário que o país amplie e diversifique os aspectos inerentes a matriz elétrica, com o propósito de preservar a capacidade desse tipo de energia se renovar. Sendo, portanto, necessário a realização de planejamentos energéticos que além de eficazes, sejam coerentes, bem como com a inserção de políticas públicas adequadas e que outros investimentos sejam realizados (LOSEKANN, 2016).

Sabe-se que, cada vez as energias renováveis se consolidam como meios alternativos no que se refere a variação de energia global. Estas se encontram em processo de expansão e consigo trazem vantagens ao Brasil, possibilitando a disponibilidade de benefícios ambientais, econômicos e sociais, além de gerar mais energia em todas as regiões do território brasileiro (OLIVEIRA et al., 2018).

Não somente o Brasil vem se empenhando com investimentos em energias renováveis, como os demais países. O Estados Unidos se encontra em primeiro lugar, seguido da China em segundo, Índia em terceiro lugar e Brasil se encontra em nono lugar no que se refere aos países com investimentos que resultem em uma energia mais limpa e que resulte em bons frutos para o futuro da humanidade (FERREIRA, 2017).

Por se tratar de fonte de energia renovável ela apresenta uma íntima relação com a sustentabilidade, em especial no que se refere ao desenvolvimento sustentável, aspectos descritos no tópico a seguir.

2.2 Sustentabilidade e energia renovável

A sustentabilidade quando voltada para o meio ambiente deve ser capaz de ser sustentável. Mesmo parecendo uma redundância; esse conceito quando aplicado em relação à atuação humana frente ao meio ambiente em que vive é plenamente compreendido e aceitável (LOSERKAN, 2016).

Conceitualmente a sustentabilidade no meio ambiente envolve a capacidade de um indivíduo, grupo de indivíduos ou empresas e aglomerados produtivos em geral se manterem inseridos num determinado ambiente sem, contudo, impactar violentamente esse meio. Assim, pode-se entender como a capacidade de usar os recursos naturais e, de alguma forma, devolvê-los ao planeta através de práticas ou técnicas desenvolvidas para este fim (BATISTA, 2012).

É compreendida como a manutenção do equilíbrio ao longo do tempo. Ou seja, é a capacidade de conseguir suprir as necessidades humanas atuais, do presente, sem que sejam afetadas as habilidades das gerações futuras de fazer o mesmo, de suprirem as suas próprias necessidades (LOSERKAN, 2016).

Nesse sentido, o desenvolvimento sustentável tem como características ações que não resultam no comprometimento do meio ambiente, de gerações futuras, através da adoção de sistema de desenvolvimento mundial que tem a preocupação com matérias-primas, danos causados ao meio ambiente, entre outros aspectos que envolvem exercer a sustentabilidade na sociedade, não somente causando impactos ao meio ambiente, mas como uma forma de não prejudicar também os seres humanos, gerações futuras (PEREIRA, 2017).

Ao se referir acerca da relação entre energia renovável e sustentabilidade, trata-se de um meio de se manter o desenvolvimento energético que poderá ter fim a qualquer momento. Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável somente é determinado através de um complexo harmônico entre eixos fundamentais, que são ambiental, social e econômico. Sendo, portanto, necessário tanto na energia renovável, como na preservação do ambiente, que os referidos eixos estejam em harmonia para que ocorra o desenvolvimento sustentável (MARTINS, 2015)

Ademais, no que concerne a energia e sustentabilidade deve-se levar em consideração que estes dois aspectos apresentam muita relevância na atualidade. Há de se convir que a sustentabilidade tem como função gerar energia limpa, assim como contribui para a redução dos impactos causados ao meio ambiente, redução econômica no que se refere às contas de energia, dando possibilidade às pessoas com renda mais baixa terem acesso à energia elétrica, realidade ainda não vivenciada por muitos (OLIVEIRA et al., 2018).

Em tempo, cabe ressaltar que as áreas urbanas vêm crescendo desenfreadamente, implicando no uso maior da energia convencional e que conseqüentemente resulta em danos ao meio ambiente devido os gases que são emitidos, aquecimento global, desmatamento. Assim sendo, aproveitar os recursos renováveis é uma forma de assegurar a sustentabilidade no planeta terra e promover segurança aos seres humanos quanto ao fator energético (MARTINS, 2015).



O uso de fontes energéticas renováveis, contribui com a redução da poluição, efeito estufa e redução da poluição atmosférica. Os resultados são vantajosos, visto que o ambiente natural não sofre alterações e tem a constância dos seus fatores climáticos mantidos, aspectos relevantes na geração de energia (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

No mais, sabe-se que cotidianamente o homem auxilia na sustentabilidade e ao mesmo tempo também preserva o meio ambiente adotando medidas simples, tais como economizando água e energia, reciclando lixo, fazendo compostagem de resíduos sólidos, reutilizando água, escolhendo materiais que possam ser reutilizáveis, fazendo a separação de óleo de cozinha com finalidade de doação, dentre outros que contribuem com a sustentabilidade (PEREIRA, 2017).

Como visto, o desenvolvimento sustentável carece de inúmeros fatores que somados trazem benefícios ao homem e meio ambiente. Além disso, é de conhecimento que as energias renováveis são vantajosas, mas também causam impactos na sustentabilidade.

3. RELAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS COM O CRESCIMENTO ECONÔMICO NO BRASIL E SEUS IMPACTOS

O consumo de energias renováveis no mundo tem forte influência nos setores tecnológicos, industriais e econômicos, implicando também na queda dos custos em tecnologia e mudanças no formato da produtividade do trabalho e desenvolvimento no mercado (PEREIRA, 2015).

Percebe-se que nas últimas década as maiores empregadoras nestas áreas, são as atividades ligadas ao consumo de energia elétrica (exceto as hidrelétricas), produzida através de energias renováveis e tem contribuído mais do que as energias geradas através de combustíveis fósseis (MATSUBARA, 2020).

Observa-se que existem que os custos de uma unidade de fonte de energia renovável são ainda muitos altos conforme Losekann (2016) porém, no longo prazo a necessidade de investimentos feitos no setor não serão obrigatoriamente expressivos, podendo ser diluídos por mais unidades produzidas.

Contudo é importante ressaltar que muitos países no mundo ainda carecem de políticas públicas bem estruturadas para garantir o uso eficiente e compatível com a dimensão do potencial energético encontrado e investido. Além disso, há esperança da redução dos níveis de poluição, contribuindo de maneira sustentável com o meio ambiente (MATSUBARA, 2020).

Dessa maneira, esse trabalho visa estimar a relação do consumo de energias de fontes renováveis nos países que optaram por essas novas matrizes energéticas, bem como o seu desempenho econômico balizado pelo PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) e o crescimento populacional, com a emissão de dióxido de carbono (CO₂) (FERREIRA, 2017).

Além disso, há de reconhecer que as fontes de energias renováveis de certa forma,

contribuem para a redução do gasto energético, bem como a associação desta com as mudanças inerentes a atitudes das políticas públicas ambientais vem fortalecendo a capacidade dos países de se adequarem as novas matrizes energéticas de forma pontual.

Assim como, as políticas de organismos internacionais que ordenam essas práticas aos governos, equalizam aspectos como a sustentabilidade a nível mundial, assegurando que o meio ambiente tenha sua preservação, bem como desenvolvimento econômico e bem-estar e social (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2020).

No entanto, sabe-se que existe também os impactos que interferem no meio ambiente, e que sem dúvidas mostram que as fontes de energias renováveis apresentam uma relação positiva com o crescimento econômico brasileiro, tendo em vista que elas são capazes de apresentar resultados positivos (PEREIRA, 2015).

No entanto, elas causam impactos que podem interferir em diversos aspectos. Sendo assim, o quadro 1 mostra as fontes de energia e os principais impactos causados ao meio ambiente.

Quadro 01 - Impactos

Fontes de energia	Impactos
Eólica	Destruição de habitats e aves mortas ou feridas gravemente
Solar	Gasto de água, sobreaquecimento, uso de materiais de risco, mas dependendo da empresa os impactos podem ser nulos
Geotérmica	Aumento das atividades geotérmicas levando ao aumento de lavas e colocando em perigo a vida da população
Hídrica	Agressividade a animais, visto que invade seu território e realocação de famílias ribeirinhas, considerada a que mais causa impacto ao meio ambiente.

Fonte: Autoria própria (2021)

Diante dos resultados encontrados, observa-se que dentre as principais fontes de energias mencionadas no decorrer do trabalho, todas apresentam vantagens ao meio ambiente, mas também causam impactos ao mesmo, cada uma destas com sua magnitude.

Observou-se que a fonte de energia mais agressiva ao meio ambiente se refere a hídrica tendo em vista que ela interfere na vida selvagem e humana, se apropriando de espaços que habitam animais e seres humanos. Na ocorrência de acidentes nas barreiras, o impacto pode ser tão forte e resultar na devastação animal, vegetal além disso, causar sérios danos a vida humana. No entanto, na ocorrência de alagamentos em áreas extensas ocorrem diversas destruições, estas variam desde transformações no ecossistema, assoreamento de rios, desmoronamento de barreiras, impactos sociais (FERREIRA, 2017).

Mesmo sendo fonte limpa de energia, os impactos causados no meio ambiente são devastadores, visto que além dos já mencionados ocorrem também decomposição da vegetação submersa que dá origem a gases como o metano, o gás carbônico e o óxido nitroso, que causam mudanças climáticas.

4. PRINCIPAIS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS E SEUS BENEFÍCIOS

A energia renovável é realmente uma fonte benéfica ao homem, ao meio ambiente, ao desenvolvimento sustentável e conseqüentemente para a sustentabilidade. No entanto, ela também traz impactos na sustentabilidade. Muitos desses impactos decorrem dos próprios recursos naturais que mesmo contribuindo como fonte de energia em sua produção resulta em danos (FREITAS; SOUZA; GONÇALVES, 2018).

Dentre estes, cita-se como impacto a força do vento que se refere a um recurso que tem a função de produzir eletricidade quando o mesmo bate nos aerogeradores e os mesmos rodam. Diante da abundância do vento e sendo este inesgotável, é considerado um dos recursos naturais e sustentável como gerador de energia e que não causa poluição ao meio ambiente. A figura 01 mostra exemplo de energia eólica (PEREIRA, 2015).



Figura 01 -Fonte eólica de energia
Fonte: (Ferreira, 2017)

O vento tem sua utilização na geração de energia e mesmo com todo sucesso tem a capacidade de causar impactos, tais como destruir habitats para que sejam instaladas as grandes torres eólicas, morte ou aves feridas, visto que as mesmas não conseguem detectar as pás das torres e esbarram nestas (FERREIRA, 2017).

Outro impacto decorre do sol como fonte de energia renovável, visto que esse se faz presente cotidianamente, sendo fonte de luz, calor e também contribui com a produção de energia, também considerada fonte inesgotável. É umas das masi utilizadas no mundo, nas residências, conta com núcleos fotovoltaicos que possibilitam que uma energia limpa seja produzida, a exemplo os tetos solares instalados nas residências e outros empreendimentos. A figura 02 mostra fonte solar de energia renovável (NASCIMENTO, ALVES, 2016).



Figura 02- Fonte solar de energia renovável
Fonte: (Ferreira, 2017)

Porém, as centrais fotovoltaicas conhecidas como quintas solares causam impactos grandiosos, tendo em vista que carecem de grandes dimensões em suas instalações, assim como água que auxilia no arrefecimento dos componentes que as sobreaquecem, bem como os painéis que tem sua construção com materiais de risco. Desse modo, os impactos dessa fonte dependem da empresa que é responsável pela produção do sistema (NASCIMENTO; ALVES, 2016).

Além dos já mencionados, é válido citar os impactos da energia geotérmica que faz uso do calor que se encontra no núcleo da terra para que a energia seja gerada. Como os centros geotérmicos tem sua construção em pontos quentes, geralmente em local próximo a crosta terrestre, o calor auxilia no aquecimento da água que se transforma em vapor que resulta em energia. A figura 03 mostra a fonte geotérmica de energia renovável (FERREIRA, 2017).



Figura 03 – Fonte renovável de energia geotérmica
Fonte: (Ferreira, 2017)

No mais, ressalta-se que em determinadas zonas da terra as mesmas existem naturalmente, mas a maioria das empresas precisa realizar perfuração em túneis para que as referidas fontes sejam encontradas, sendo, portanto, mais profundas e grande causadoras de problemas; já que as perfurações levam ao aumento de atividades geotérmicas e consequentemente causando perigo às populações das regiões próximas (MATSUBARA,

2020).

Um outro impacto é o causado através da energia hídrica, também um a fonte de energia renovável. Nesta, existem centrais hídricas que tem sua movimentação causada através das forças da água, que gera energia, sendo considerada uma das mais antigas já utilizada pelo homem. A figura 04 mostra fonte hídrica de energia renovável (OLIVEIRA.PINHEIRO, 2020).



Figura 04- Fonte hídrica de energia renovável
Fonte: (Ferreira, 2017)

São encontradas nas barragens dos rios e mesmo sendo uma fonte de energia também é causadora de impactos ambientais, já que criação de barreiras que retêm a água as mesmas acabam ocupando demais zonas ambientais. E é em virtude dessa ocupação que é uma das fontes que causa maior agressividade ambiental, devido as retenções resultarem em ocupação dos animais e até mesmo levar as famílias ribeirinhas a uma realocação (VIEIRA, 2020).

No entanto, mesmo diante dos referidos impactos, trata-se de uma energia totalmente limpa, consideradas as fontes renováveis de energia mais adequadas. E é nessa perspectiva que diversos países do mundo se unem para que nos anos seguintes a energia seja limpa, e caso ocorra empenho de todos provavelmente os resultados serão positivos, e a humanidade terá um planeta limpo e com redução da poluição no meio ambiente (NASCIMENTO; ALVEIS, 2016).

No entanto, é necessário que sejam realizados investimentos e que todos colaborem com ações sustentáveis.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo abordou o uso de energias renováveis e com o desenvolvimento do estudo observou-se que existem diversas fontes de energia, sendo as mais utilizadas no país, a eólica, solar, geotérmica e hídrica, ambas com seus benefícios no meio ambiente.

Constatou-se que o desenvolvimento sustentável somente é determinado através de um complexo harmônico entre eixos fundamentais, que são ambiental, social e econômico. Sendo, portanto, necessário tanto na energia renovável, como na preservação do ambiente, que os referidos eixos estejam em harmonia para que ocorra o desenvolvimento sustentável.

Além disso, diante dos resultados encontrados acerca da relação com o crescimento econômico, percebeu-se que elas têm muito a contribuir, em especial com a redução das taxas de conta de energia. No mais, existem impactos decorrentes das energias renováveis estes são diversos, mas dependem do tipo de fonte de energia, dentre estes podem ocorrer destruição de habitats e aves mortas ou feridas gravemente, gasto de água, sobreaquecimento, uso de materiais de risco, mas dependendo da empresa os impactos podem ser nulos, aumento das atividades geotérmicas levando ao aumento de lavas e colocando em perigo a vida da população.

Além disso, a fonte de energia renovável que mais causa impacto é a hídrica, tendo em vista que ela resulta em agressividade a animais, visto que invade seu território e realocação de famílias ribeirinhas, considerada a que mais causa impacto ao meio ambiente.

Diante de tais aspectos, desenvolver o presente estudo foi relevante, tendo em vista que poderá informar a sociedade acerca dos impactos das energias renováveis na sustentabilidade, assim como poderá contribuir para que outros estudos sejam desenvolvidos.

Referências

- FERREIRA, W. C. **Política de conteúdo local e energia eólica: a experiência brasileira**. 2017. Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017.
- LOSEKANN, L. D. Desafio do setor elétrico brasileiro: novo papel dos reservatórios. Blog Infopetro, Rio de Janeiro, 2016.
- MARTINS, V. **Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil**. 2015. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 2015.
- NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. (2016). **Fontes Alternativas e renováveis de energia no Brasil: Métodos e benefícios ambientais**. Educação Ciência, XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência –Universidade do Vale do Paraíba. http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2016/anais/arquivos/0859_1146_01.pdf.
- OLIVEIRA, A. M. Q. & PINHEIRO, J. G. L. (2020). Energia renovável com utilização da energia eólica. **Revista Episteme Transversalis**, 11(1). <http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/2133>.
- OLIVEIRA, A. P. M., FUGANHOLI, N. S., CUNHA, P. H. S., BARELLI, V. A., BUNEL, M. P. M., & NOVAZZI, L. F. (2018). Análise Técnica e Econômica de fontes de Energia Renováveis. **The Journal of Engineering and**

Exact Sciences, 4(1), 0163-0169. <https://doi.org/10.18540/jcecvl4iss1pp0163-0169>.

PEREIRA, M. **Financing the expansion of photovoltaic power generation in Brazil: challenges of using similar mechanisms for different renewable sources**. In: ELAEE – LATIN AMERICAN ENERGY ECONOMICS MEETING, 6., 2017, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Elaee, 2017.

SOUZA, M. L., FREITAS, D. A. F. & GONÇALVES, C. S. (2018). Biodegradabilidade para a produção de energia renovável. **Diversa Revista Eletrônica Interdisciplinar**, 11(1), 26-38. <https://revistas.ufpr.br/diver/article/view/49584>.

VIEIRA, A. C. F. (2020). Energias renováveis e sua eficiência na nova economia energética no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, 8(18), 211-223. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081813](https://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081813).

CAPÍTULO 37

MINI GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO CONTEXTO BRASILEIRO

MINI PHOTOVOLTAIC GENERATION IN THE BRAZILIAN CONTEXT

Jessyka Conceição Moreira Ferreira¹

¹ Engenharia Elétrica, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O efeito fotovoltaico é a transformação da luz em eletricidade. Este fenômeno físico é específico para certos materiais, incluindo o silício, a matéria-prima da maioria dos painéis fotovoltaicos. O objetivo desse trabalho foi caracterizar mini geração e utilização da energia fotovoltaica no Brasil. Esta pesquisa utilizou o método de revisão de literatura, tendo como referências os autores: Aldabo (2012), Benito (2019), Kalogirou (2017), Marques (2019), Martins e Pereira (2019), dentre outros. Foi descrito o processo de conversão da energia solar em fotovoltaica e suas aplicações, apresentados os tipos, vantagens e aplicações das células fotovoltaicas; além do histórico, evolução e perspectivas de crescimento da produção e utilização da energia fotovoltaica no Brasil. Conclui-se que com o constante crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, especialmente para produção residencial, o mercado necessita de profissionais capacitados para atender à crescente demanda dos consumidores. Novas tecnologias têm entrado no mercado e a tendência de uso da micro e mini geração parece que vai se prolongar pelos próximos anos, favorecendo o crescimento do setor.

Palavras-chave: Energia Solar; Energia Fotovoltaica; Células Fotovoltaicas.

Abstract

The photovoltaic effect is the transformation of light into electricity. This physical phenomenon is specific to certain materials, including silicon, the raw material for most photovoltaic panels. The objective of this work was to characterize mini-generation and use of photovoltaic energy in Brazil. This research used the literature review method, having as references the authors: Aldabo (2012), Benito (2019), Kalogirou (2017), Marques (2019), Martins and Pereira (2019), among others. The process of converting solar energy into photovoltaic and its applications was described, presenting the types, advantages and applications of photovoltaic cells; in addition to the history, evolution and growth prospects of the production and use of photovoltaic energy in Brazil. It is concluded that with the constant growth of photovoltaic energy in Brazil, especially for residential production, the market needs trained professionals to meet the growing demand of consumers. New technologies have entered the market and the trend of using the micro and mini generation seems to continue for the next few years, favoring the growth of the sector.

Keywords: Solar Energy; Photovoltaics; Photo-voltaic Cells.

1. INTRODUÇÃO

Para aproveitar a energia oferecida pelo sol, existem diferentes sistemas. Assim, é possível capturar os raios solares e o calor graças as instalações térmicas ou fotovoltaicas, que são sistemas de painéis instalados em telhados, paredes ou solo e que podem coletar energia solar. A eficiência das instalações difere de acordo com a região de instalação e a potência do módulo.

A indústria fotovoltaica está se voltando para o desenvolvimento de técnicas que, em última análise, usam uma quantidade menor de materiais ou materiais com menores custos. Energia solar concentrada, deposição de fitas, painéis de camada fina e materiais orgânicos são as principais linhas de pesquisa e inovação, assim como a pesquisa sobre o armazenamento de eletricidade também é importante.

Este tema transversal da energia está mais especificamente relacionado com a energia solar fotovoltaica, uma vez que a competitividade desta tecnologia depende muito da capacidade de adaptar a sua produção para satisfazer necessidades específicas de grandes usinas, mas também da mini e microgeração, que tendem a ocupar maior espaço dentro da matriz energética de diversos países, inclusive o Brasil, que por suas características geográficas no globo é uma grande potência produtiva desse tipo de energia.

Compreender as características das tecnologias e dispositivos disponíveis no mercado nacional para a instalação de mini usinas fotovoltaicas, entendendo que é um campo em amplo desenvolvimento no Brasil e que necessita de profissionais capacitados para atender a demanda em ascensão, justifica a realização dessa pesquisa.

Os painéis solares de autoconsumo são adequados para projetos que objetivam produzir e consumir a própria eletricidade, oriunda das chamadas fontes sustentáveis. Então questiona-se: quais benefícios podem ser alcançados com a instalação de sistemas de mini geração para autoprodução de eletricidade a partir de painéis fotovoltaicos?

Como objetivo geral, esse trabalho buscou caracterizar mini geração e utilização da energia fotovoltaica no Brasil. Em se tratando dos objetivos específicos, foram delimitados: descrever o processo de conversão da energia solar em fotovoltaica e suas aplicações; apresentar os tipos, vantagens e aplicações das células fotovoltaicas; e, apresentar o histórico, a evolução e as perspectivas de crescimento da produção e utilização da energia fotovoltaica no Brasil.

Esta pesquisa utilizou o método de revisão de literatura, tendo como fontes de informações livros de referência, artigos e produções acadêmicos e científicos publicados nas seguintes bases de dados virtuais: Google Acadêmico e Scientific Electronic Library Online (SciELO). Foram pesquisados os termos: energia solar; energia fotovoltaica e células fotovoltaicas, sendo incluídos trabalhos produzidos em Língua Portuguesa e publicados entre 2011 a 2021.



2. PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

O uso da energia solar remonta à energia solar passiva. Este é um recurso em que o calor solar é usado sem o uso de recursos externos. Por exemplo, orientar uma janela considerando a entrada e saída do sol para o melhor aproveitamento da luz natural. Os gregos foram os primeiros a usar projetos de casas com essa técnica nos anos 400 a.C. (TONIN, 2020).

Posteriormente, foram desenvolvidas técnicas para aproveitar a energia solar térmica dos raios solares. Este sistema aproveita a capacidade calorífica do Sol e a radiação solar é convertida em energia térmica para aquecer um fluido que pode ser utilizado para aquecimento, água quente, vapor e, posteriormente, eletricidade. Mas com o desenvolvimento de tecnologias que tornaram mais rentáveis a produção e uso de energia a partir dos combustíveis fósseis, a energia solar perdeu importância e a tecnologia solar foi prejudicada pelo baixo custo do carvão, do petróleo e do uso de energias não renováveis (CASALE, 2018).

Contudo, diante da possibilidade de exaurimento das fontes de combustíveis fósseis, do aumento da poluição causada pela sua produção e uso e a preocupação com as decorrentes mudanças climáticas, a busca por alternativas que pudessem substituir as fontes fósseis ao mesmo tempo que fossem renováveis e causassem menos danos ao planeta, a energia solar fotovoltaica, assim como a eólica, por exemplo, voltaram a receber investimentos com objetivo de tornar a tecnologia de produção e uso sustentáveis, fazendo parte da tentativa de reverter os problemas ambientais decorrentes das mudanças climáticas e atender os aumentos de demandas mundiais por eletricidade (PINHO; GALDINO, 2014).

O sol envia para o espaço uma energia que está ao nível da Terra na ordem dos 1300 watt por metro quadrado (W/m^2). Uma vez atravessada a atmosfera, a Terra recebe ao nível do solo verticalmente ao meio-dia, no caso ideal de tempo claro e seco, da ordem de $1000 W/m^2$. Em nível global, levando em conta a luz solar real, a energia solar recebida no solo em média anual é de aproximadamente 0,9 bilhão de Terawatts cúbico (TWh³). Essa energia representa 6.000 vezes o consumo anual global de energia (SOUZA, 2016).

Dessa forma, o sol sozinho poderia cobrir todas as necessidades de energia do planeta. A energia enviada pelo sol para a terra é, de fato, muito maior do que a energia que os humanos podem consumir. A potência da radiação solar que entra na atmosfera é de aproximadamente $1360 W/m^2$. Chegando ao nível do solo, a irradiação ainda tem uma potência de aproximadamente $1000 W/m^2$ em condições ótimas, mas este valor varia, de fato, com as condições atmosféricas (NUAYED, 2018).

A radiação solar global corresponde à soma de diferentes radiações (DUPONT; GRASSI, 2015): radiação direta ocorre quando os raios do sol atingem o solo do planeta Terra sem sofrer nenhuma modificação; na radiação difusa, os raios do sol encontram obstáculos (nuvens, poeira, etc.) que os redirecionam em várias direções; e, radiação refletida, que é o resultado da reflexão dos raios do sol em uma superfície refletiva, por exemplo, a neve é uma superfície que reflete muito bem a radiação solar, enquanto estradas de asfalto dificilmente refletem a radiação solar. Então, a radiação solar diz respeito às características inerentes aos raios solares, ou seja, aos fótons e a sua incidência sobre a superfície terrestre.

O termo “fotovoltaico” é composto da antiga palavra grega “fotos” (φωτος: luz, clareza) e o sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, que inventou a bateria elétrica em 1800 e deu seu nome à unidade de medida de tensão elétrica, o volt. O efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 pelo francês Edmond Becquerel, refere-se à capacidade de certos materiais, principalmente semicondutores, de converter diretamente os vários componentes da luz solar (e não seu calor) em eletricidade (NEVES; ROCHA, 2021).

O efeito fotovoltaico é a transformação da luz em eletricidade. Este fenômeno físico é específico para certos materiais, incluindo o silício, a matéria-prima da maioria dos painéis fotovoltaicos. De fato, a luz produzida pelo sol é composta de fótons. Esses fótons ao atingir a superfície do painel solar e os elétrons presentes se movem em uma direção específica para criar uma corrente elétrica contínua (PIRES, 2018).

A partir da luz captada por painéis fotovoltaicos ou centrais térmicas solares, é possível produzir eletricidade e água quente. É uma energia inesgotável e limpa, tem a vantagem de não ser poluente e não emitir gases de efeito estufa. Por isso a energia solar faz parte das denominadas energias renováveis. Em um contexto contemporâneo em que a preservação do meio ambiente está no centro das preocupações, essa energia aparece, portanto, como uma alternativa ideal aos combustíveis fósseis (NASCIMENTO, 2017).

O efeito fotovoltaico é um fenômeno físico específico de certos materiais chamados semicondutores que produzem eletricidade quando expostos à luz. O mais conhecido deles é o silício cristalino que é utilizado por 90% dos painéis produzidos no mundo, mas existem outras tecnologias já industrializadas, como filmes de camadas finas, ou em fase de pesquisa (MARQUES, 2019).

O fóton é a partícula elementar da radiação eletromagnética. A radiação eletromagnética inclui luz visível, bem como ondas de rádio ou raios X e sua partícula elementar é o fóton. O fóton pode ter energias muito diferentes. A cada energia que pode receber está ligado um comprimento de onda que lhe é inversamente proporcional. Todos os comprimentos de onda da radiação eletromagnética permitem definir o espectro eletromagnético (FONTES, 2017).

É chamada de faixa visível a parte do espectro à qual nossos olhos são sensíveis, entre 300 nanômetros (nm), espectro da cor violeta, e 800 nm, espectro da cor vermelha. Ou em outras palavras entre 0,3 micrômetro (μm ou μm : 10^{-6}) e 0,8 μm . A radiação solar emite radiação cujo comprimento de onda se estende do ultravioleta (0,2 μm) ao infravermelho distante (2,5 μm). A maioria dos fótons emitidos pelo sol estão localizados no visível, em torno de um pico de 0,5 μm , ou 500 nanômetros (nm), ou seja, no verde-amarelo (PIRES, 2018).

Uma célula fotovoltaica não absorve toda a radiação emitida pelo sol. Assim como o olho humano é sensível apenas a parte do espectro eletromagnético, a célula é sensível apenas a parte da radiação solar, com diferenças notáveis dependendo das tecnologias utilizadas. O diagrama a seguir representa as curvas de resposta espectral do olho humano, de uma célula solar de silício amorfo e de uma célula solar de silício cristalino, cuja sensibilidade máxima é grandemente compensada em relação às duas primeiras (MOREIRA, 2017).



Então, no efeito fotovoltaico, os fótons colidem com a superfície do material fotovoltaico disposto em células ou em camada fina e transferem sua energia para os elétrons que gravitam em torno dos átomos que formam o material, gerando o efeito fotoelétrico. Devido à energia que ganham, os elétrons ficam excitados, geralmente retornam ao estado de equilíbrio liberando a energia dos fótons na forma de calor: o material aquece ao sol (BENITO, 2019).

Mas também é possível recuperar essa energia na forma elétrica. O elétron excitado forma um vazio que deixa no nível inferior um par elétron-buraco, que são cargas de sinais opostos ($-q$; $+q$). As células fotovoltaicas são junções PN, feitas pela combinação de um semicondutor tipo n com um semicondutor tipo p, como silício dopado com fósforo e silício dopado com boro. Submetidos a um campo elétrico em uma junção PN conectada a um circuito externo, os pares elétron-buraco se separam e os elétrons excitados começam a se mover em uma determinada direção, de modo que uma corrente elétrica é criada (MARTINS; PEREIRA, 2019).

Cada célula é dividida em duas zonas que geram um campo elétrico em sua interface. Quando a luz penetra no silício, traz energia na forma de fótons que se movem para criar uma corrente elétrica. A corrente elétrica direta que é criada é então coletada por fios metálicos muito finos conectados entre si e transportados para a próxima célula. A corrente é adicionada passando de uma célula para outra até os terminais de conexão do painel e pode então ser adicionada à dos outros painéis conectados (HODGE, 2011).

O efeito fotovoltaico representa assim a única alternativa existente à produção de eletricidade a partir da força mecânica, uma vez que todas as outras técnicas sem exceção, renováveis ou não, utilizam geradores rotativos (alternadores ou dínamos) que podem ser operados de várias formas: vapor, vento, força da água, correntes marítimas, etc. Além desta especificidade que a distingue claramente de outras técnicas, a energia fotovoltaica possui muitas qualidades que apresentam muitas vantagens (ESPOSITO; FUCHS, 2013):

- a) incômodo ou impacto reduzido no ambiente imediato: com base em um fenômeno físico imperceptível, a operação das instalações causa poucos incômodos ou impacto no ambiente imediato: sem movimento, sem ruído, sem cheiro, sem emissão alguma;
- b) confiabilidade alta: a operação de um sistema fotovoltaico não requer partes móveis, o risco de falha ou acidente é, portanto, praticamente nulo e o nível de confiabilidade é muito alto;
- c) garantia de retorno a longo prazo: as características físicas dos materiais fotovoltaicos não se alteram ao longo do tempo, e a queda no rendimento dos painéis, que possivelmente pode ser observada e que se deve principalmente referentes as pequenas imperfeições de fabricação, é lenta e limitada, o que permite aos fabricantes fornecer uma garantia de desempenho de até 30 anos;
- d) balanço econômico previsível e não surpreendente: para além do custo de investimento, o acesso ao recurso energético primário é totalmente aberto e gratuito, uma vez que é a luz solar, e uma vez que as necessidades de conservação e manutenção são reduzidas (respeitam essencialmente à eletrônica de controle e

ligação), o equilíbrio econômico é previsível com um alto grau de certeza;

- e) tecnologia universal: como a alternância dia/noite é um fenômeno universal, mesmo que a distribuição temporal possa ser diferente dependendo da localização, a energia fotovoltaica pode operar em qualquer lugar do globo com uma diferença de potencial anual que varia de 1 a 4 entre o pior e o melhor local;
- f) flexibilidade e diversidade de aplicações: a quantidade de energia recuperável em um determinado local é diretamente proporcional à superfície exposta à luz solar, o que confere à energia fotovoltaica um caráter intrinsecamente modular e flexível, a superfície dos sensores varia de alguns cm² para o fornecimento de uma calculadora a várias centenas de milhares de m² para plantas industriais montadas no solo e este tamanho pode ser modificado a qualquer momento adicionando (ou removendo) painéis, sem sequer interromper o funcionamento da instalação existente.

Gratuidade, inocuidade, acessibilidade, segurança, confiabilidade, modularidade, flexibilidade: a combinação dessas qualidades que a energia fotovoltaica possui significa que seus campos de aplicação são extremamente diversos e podem atender a uma ampla variedade de necessidades em todos os tipos de situações, desde especialmente as diversas as tecnologias de fabricação de módulos que estão disponíveis, graças às muitas linhas de pesquisa da indústria, permitem adaptar o sistema fotovoltaico às características do local e ao uso pretendido da eletricidade produzida (BENITO, 2019).

Uma usina fotovoltaica é um meio de produzir eletricidade industrial que possibilita a produção de eletricidade tendo como fonte à luz solar. Nesse tipo de instalação, painéis solares instalados em filas e interligados captam a luz solar. Sob o efeito da luz, o silício, um material condutor contido em cada célula, libera elétrons para criar uma corrente elétrica contínua. Um inversor converte esta corrente em Corrente Alternada (CA) para que possa ser mais facilmente transportada nas linhas de média tensão da rede (ESPOSITO; FUCHS, 2013). Uma instalação fotovoltaica é composta por três elementos principais que tornam possível transformar a luz transmitida pelo sol em eletricidade (ALDABO, 2012):

- a) painéis solares que capturam a luz para transformá-la em corrente contínua;
- b) um inversor que converte eletricidade em CA compatível com a rede;
- c) um medidor que mede a quantidade de corrente introduzida na rede.

Uma instalação solar fotovoltaica pode ser autônoma ou conectada diretamente à rede. No primeiro caso, um sistema de armazenamento ou um gerador auxiliar é configurado. No segundo, a instalação oferece a possibilidade de obter eletricidade da rede pública quando a produção é menor que o consumo, ou, inversamente, para injetá-la quando é maior (MARQUES, 2019).

Se a instalação não estiver conectada à rede (sistema isolado), poderá ser armazenada em baterias. Caso contrário, toda ou parte da produção pode ser reinjetada na rede, podendo a distribuidora local comprar esta eletricidade. Quando a produção fotovoltaica é insuficiente, a rede fornece a eletricidade necessária (DUPONT; GRASSI, 2015).

A energia solar permite produzir calor ou eletricidade através de processos de captação diferentes. Existem dois tipos de painéis solares: um para criar calor (usado principalmente para água quente), o outro para produzir eletricidade. Os painéis térmicos possibilitam a produção de água quente de acordo com um princípio de conversão da radiação global do sol (LIMA, 2018).

A energia propagada pelos raios do sol aquece um líquido que serpenteia em um tubo preto, colocado em um painel preto para ser convertido em calor. Isso é finalmente transmitido através do líquido para a água armazenada em um recipiente térmico (PIRES, 2018).

A produção de energia solar varia de acordo com as condições climáticas. Assim, oferece boa produção em áreas ensolaradas e no verão, enquanto a produção de eletricidade é limitada no inverno e em áreas nubladas. A eletricidade também não é produzida à noite. Por conseguinte, é frequentemente necessário investir no armazenamento de energia ou optar por uma fonte de energia secundária (NUAYED, 2018).

3. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Um painel solar, placa solar ou módulo solar é um dispositivo que capta a energia da radiação solar para seu uso. O termo inclui os coletores solares, normalmente utilizados para produzir água quente através da energia solar térmica, e os painéis fotovoltaicos, utilizados para gerar eletricidade através da energia solar fotovoltaica (NEVES; ROCHA, 2021).

Os painéis fotovoltaicos ou placas fotovoltaicas são constituídos por inúmeras células que convertem a luz solar em eletricidade. As células são às vezes chamadas de módulo fotovoltaicos. Os módulos fotovoltaicos usados para produzir eletricidade, são compostos de várias células fotovoltaicas principalmente produzidos em silício, material abundante na terra, embora existam outros materiais e tecnologias para sua fabricação (NASCIMENTO, 2017).

3.1 Tipos painéis fotovoltaicos

Os materiais usados para fabricação de células solares são geralmente silício cristalino ou Arsenieto de Gálio (GaAs). Os cristais de GaAs são produzidos especialmente para uso fotovoltaico, enquanto os cristais de silício estão disponíveis em lingotes padronizados cuja produção é de menor custo, produzidos principalmente para consumo pela indústria de microeletrônica. O silício policristalino tem menor eficiência de conversão, mas também menor custo (PEREIRA et al., 2017).

Quando exposta à luz solar direta, uma célula de silício de 6 cm de diâmetro pode produzir uma corrente de cerca de 0,5 Ampère a 0,5 Volts, equivalente a uma média de 90 W/m², em um campo tipicamente de 50-150 W/m², dependendo do brilho solar e

eficiência da célula. As células de silício mais utilizadas em painéis fotovoltaicos podem ser divididas em subcategorias: silício monocristalino, silício policristalino, filmes finos e híbridos (ANTÚNEZ, 2013).

Quando se trata de desempenho dos módulos fotovoltaicos, os módulos monocristalinos permanecem na liderança. Originalmente desenvolvidos para viagens espaciais, os módulos fotovoltaicos monocristalinos são caracterizados por alta eficiência. Um silício mais puro do que o das células policristalinas é usado para a produção do composto. Como o nome sugere, as células monocristalinas também consistem em apenas um cristal de silício. Assim, não há perda de eficácia nas áreas de borda dos cristais, como é usual com a variante policristalina (KALOGIROU, 2017).

Os módulos solares monocristalinos são mais eficientes do que os policristalinos em cerca de 20 a 30 por cento. Uma das vantagens disso é que um rendimento igualmente alto pode ser alcançado com uma área fotovoltaica menor no telhado. Com células monocristalinas, é necessária uma área de cerca de 6 a 9 metros quadrados para gerar um pico de quilowatt de eletricidade (VILLALVA, 2015).

No entanto, como a produção é mais exigente, o preço de compra também é maior. Outra desvantagem, além do custo, é o desempenho em declínio em altas temperaturas. Além disso, a luz difusa pode levar a perdas de desempenho nesse tipo de módulo (PINHO; GALDINO, 2014).

Os módulos policristalinos são menos adequados para os telhados de casas unifamiliares típicas, porque sua eficiência de cerca de 15 a 17% é significativamente menor do que a das monocristalinas. Isso significa que a eficiência só pode ser alcançada com uma grande área, o que raramente é o caso em um telhado residencial. Isso resulta no uso ideal de módulos policristalinos para grandes sistemas de espaço aberto ou também telhados de grandes indústrias, por exemplo. As maiores desvantagens das células fotovoltaicas policristalinas são sua menor eficiência, a maior necessidade de espaço associada, mas também seu peso maior que os módulos monocristalinos (NAKABAYASHI, 2020).

Os módulos fotovoltaicos de película fina são produzidos depositando o material semicondutor sobre um substrato tipo vidro, para painéis solares rígidos para uso externo; ou plástico, no caso de painéis flexíveis para usos menos convencionais. Um substrato é usado, geralmente vidro simples, e revestido com um material semicondutor (silício amorfo) (ESTEVEZ, 2021).

Como este processo produtivo é mais simples do que o utilizado para produzir as células solares cristalinas, os custos de fabricação também são menores. É precisamente por isso que esses módulos também são significativamente menos eficientes. A eficiência é de 5 a 10% e não são interessantes para áreas menores, como casas unifamiliares ou pequenas empresas (PEREIRA et al., 2017).

Comparados a outros módulos, os módulos de filme fino são leves e de menor custo, mas também têm uma baixa eficiência de aproximadamente 10-13 por cento. Eles são produzidos de silício amorfo e não cristalino. A produção de módulos de filme fino é menos complexa do que a de módulos de wafer cristalino. A maior vantagem dos módulos de filme fino é sua baixa espessura, que os torna particularmente interessantes quando

se trata de questões de arquitetura e design, podendo ser integrados às fachadas ou coberturas de edifícios, como parte estética funcional. Os módulos de filme fino amorfo são leves e fáceis de montar (CASALE, 2018).

O módulo de filme fino é fabricado de forma monolítica e não requer a montagem de várias células, como no caso dos painéis de silício cristalino, além disso, a quantidade de material semicondutor presente no painel é menor do que os painéis feitos com células fotovoltaicas padrão, o que reduz os custos de produção, por outro lado, o material depositado parece ter um alto defeito e conseqüentemente painéis de película fina terão eficiência inferior em relação aos seus equivalentes monocristalinos (PINHO; GALDINO, 2014).

Se a principal preocupação é o rendimento, então apenas sistemas muito grandes ou espaços abertos são adequados para módulos de película fina, porque a grande área em combinação com o menor preço de compra compensa a menor eficiência. Em contraste com as células solares monocristalinas ou policristalinas, as células amorfas perdem apenas parte de seu desempenho em condições de pouca luz ou em temperaturas muito altas (SOUZA, 2016).

Cada célula solar amorfa é revestida com uma camada antirreflexo. Tem apenas alguns micrômetros de espessura e é altamente transparente, mas evita reflexos de luz ou perdas de radiação. O objetivo é alcançar a maior intensidade de irradiação possível através desta camada e garantir o máximo rendimento de corrente das células. No entanto, a camada antirreflexo não é importante para o processo real de geração de eletricidade dentro de uma célula. Porém, garante que mais luz penetre no interior de uma célula, para depois convertê-la em eletricidade (TIEPOLO, 2015).

Os módulos de filmes finos são subdivididos em várias categorias de acordo com os materiais semicondutores nele depositados, dentre os mais comuns encontram-se: Silício amorfo, Telureto de Cádmio (CdTe), Sulfeto de Cádmio microcristalino (CdS), arseneto de gálio (GaAs), Disseleneto de Cobre e Índio (CIS), Cobre-Índio-Gálio-Selênio (CIGS), heterojunção e Silício microesférico (DUPONT; GRASSI, 2015).

Nos filmes finos de silício amorfo, os átomos de silício são depositados quimicamente em uma forma amorfa, ou estruturalmente desorganizada, na superfície de suporte. Esta tecnologia utiliza quantidades pequenas de silício (espessuras da ordem de microns). Esses módulos geralmente apresentam eficiência menos consistente do que outras tecnologias em relação aos valores nominais, apesar de possuírem garantias em linha com o mercado (TIEPOLO, 2015).

Os painéis solares de Telureto de Cádmio (CdTe) são mais finos, com menor custo de aquisição e menor eficiência termodinâmica. Os módulos solares de CdTe pertencem ao grupo de módulos de película fina e têm sido criticados principalmente pelo cádmio ser classificado como um elemento químico tóxico ou nocivo à saúde. Mas, o principal argumento para produção a partir desse elemento é o baixo custo de produção dos módulos, que são significativamente menores em comparação aos módulos solares cristalinos (TONIN, 2020).

Outro problema associado à esse tipo de módulo é o descarte profissional no final

de sua vida útil. No entanto, o cádmio tóxico é ligado ao telúrio por meio de uma reação térmica a uma temperatura de 800 graus Celsius em uma atmosfera protetora e depois só pode ser liberado novamente abaixo dessa alta temperatura. Este poderia ser o caso se ocorrer um incêndio e os módulos CdTe forem expostos ao fogo. Semelhante a outros módulos de filme fino, a camada absorvedora dos módulos solares tem apenas alguns micrômetros de espessura. A eficiência dos módulos de telureto de cádmio estabelecidos é atualmente de cerca de 10% (KALOGIROU, 2017).

Os produzidos em sulfeto de cádmio microcristalino (CdS), têm custos de produção baixos porque a tecnologia utilizada para sua produção não exige que sejam atingidas as temperaturas muito altas necessárias para fusão e purificação do silício. Os filmes finos de CdS são aplicados a um suporte metálico para revestimento por spray, ou seja, são literalmente pulverizados como uma tinta. Entre as desvantagens associadas à produção deste tipo de células fotovoltaicas está a toxicidade do cádmio e a baixa eficiência do dispositivo (VILLALVA, 2015).

O GaAs é uma liga binária com propriedades semicondutoras, capaz de garantir rendimentos muito elevados, devido à propriedade de ter um gap direto (ao contrário do silício). É usado principalmente para aplicações científicas militares ou avançadas, como missões automatizadas de exploração planetária ou fotodetectores especialmente sensíveis. No entanto, o custo proibitivo do material monocristalino a partir do qual as células são feitas o reservou para um uso específico (PINHO; GALDINO, 2014). Para dar uma visão mais ampla, diante dessa diversidade de materiais que podem ser utilizados na fabricação de painéis fotovoltaicos.

Destaca-se que as células solares monocristalinas e as células solares policristalinas têm um alto nível de eficiência, mas perdem desempenho em altas temperaturas ou quando a radiação solar não é a ideal. Devido ao complexo processo de produção, os módulos fotovoltaicos monocristalinos e policristalinos são, portanto, de maior custo e mais pesados do que os módulos de película fina em comparação (OLIVEIRA, 2021).

CIGS é um semicondutor composto. Os módulos CIGS são células solares de película fina com absorvedores de apenas alguns micrômetros de espessura. Ao contrário das placas de silício, os módulos CIGS não são autossuficientes. Em vez disso, são aplicados a um material de suporte, como um painel de vidro. A tecnologia CIGS apresenta a maior eficiência entre os módulos com tecnologia de filme fino, com cerca de 17,5% (ESTEVES, 2021).

Os módulos CIGS podem ser usados de forma flexível e também são adequados para tetos de veículos, por exemplo. Eles têm uma eficiência média, mas também fazem bom uso de condições de luz fraca. Ao contrário de um módulo solar que funciona em tecnologia monocristalina, policristalina ou película fina, eles podem aproveitar melhor a radiação solar, principalmente no inverno (PEREIRA et al., 2017).

Na produção de módulos solares, existem diferenças relacionadas à fabricação na potência nominal especificada que não podem ser completamente descartadas. Isso significa que, na prática, um módulo funciona mais ou menos do que deveria. O termo tolerância de desempenho expressa essas diferenças como uma porcentagem (CASALE, 2018).

Em média, a variação é cerca de três por cento acima ou abaixo da potência nominal, então referida como tolerância de potência positiva (mais) ou negativa (menos). Uma tolerância de potência de dois lados de, por exemplo, três por cento mais e menos também é possível. Um módulo com uma potência nominal de 200 watts de pico e uma tolerância de potência de menos três por cento produz uma potência mínima de 196 watts de pico (SOUZA, 2016).

4. ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Desde a crise no fornecimento de energia em 2001, o governo brasileiro tem tentado diversificar a geração de energia a partir de fontes renováveis para garantir a segurança do abastecimento e a compatibilidade ambiental. Porém, a principal fonte para geração de energia elétrica ainda é fornecida por usinas hidrelétricas (NEVES; ROCHA, 2021).

A partir do início do século XXI, tem havido períodos de seca cada vez mais prolongados, que levaram à escassez de água e isso, por sua vez, teve um impacto negativo no preço da eletricidade. Fontes alternativas, como eólica e fotovoltaica, tem sido exploradas de modo que a energia hídrica como fonte de energia já perdeu cerca de 5% do mix energético desde 2015 (PEREIRA, 2021).

Na sua previsão de dez anos de demanda de eletricidade, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014) pressupõe um aumento anual da demanda de eletricidade de 3,8%, o que representa grandes desafios para o Brasil, mas também abre novas oportunidades no mercado brasileiro para empresas e investidores em tecnologia fotovoltaica, pois, por exemplo, os sistemas fotovoltaicos descentralizados são vistos como uma das opções para aliviar as redes de distribuição centralizadas.

A energia solar no Brasil é um setor em desenvolvimento, apresentando um grande potencial, pois o país conta com um dos mais altos níveis de irradiação solar do mundo, alcançando de 4,25 a 6,5 horas de sol/dia e apesar das diferentes condições climáticas, juntamente com a amplitude do território brasileiro, pode-se observar que a irradiação não é uniforme, mas é eficiente do ponto de vista da produção fotovoltaica (NASCIMENTO, 2017).

O valor máximo diário de irradiação solar, 6,5 kWh/m², ocorre no semiárido nordestino. Durante todo o ano, a influência da Alta Pressão Tropical no Anticiclone Tropical do Atlântico Sul proporciona uma condição estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para esta região semiárida (PEREIRA et al., 2017).

A média anual de irradiação solar global horizontal no dia a dia em qualquer região do Brasil (1500-2500 kilowatt-hora por metro quadrado – kWh/m²) são muito maiores do que aquelas para a maioria dos países europeus como a Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²), onde os projetos para promover a energia solar são muito encorajados (BRASIL, 2018a).

Desconsiderando a topografia local, esta configuração geográfica brasileira é a que permite captar a máxima energia solar. A irradiação solar em um plano inclinado exhibe

uma forte influência do albedo da superfície. Os maiores níveis de irradiação no plano inclinado ocorrem na faixa que vai do Nordeste ao Sudoeste durante a primavera e os menores valores em todas as regiões brasileiras ocorrem durante os meses de inverno (ANTÚNEZ, 2013).

A região Norte recebe menor irradiação solar que a Região Sul no verão, em decorrência de sua localização mais próxima ao Equador. O oposto ocorre durante os meses de inverno. Isto é devido à influência da Zona de Convergência Intertropical. A variação da irradiação solar entre inverno e verão é menor na América do Norte do que no sul e sudeste. A inversão é um dos aspectos mais importantes da redução de radiação no mundo. A Região Central do Brasil é um dos principais contribuintes para a radiação solar durante a estação seca (PEREIRA et al., 2017).

Por exemplo, no estado federal da Bahia, que está localizado no nordeste do Brasil próximo ao Equador, há a melhor radiação solar com 6,5 kWh/m² de radiação global diária. O estado de Santa Catarina, localizado no sul do país, apresenta o menor valor de radiação global com 4,25 kWh/m² dia. (SOUZA; ARISTONE, 2021)

O potencial de alguns estados fica claro usando o exemplo da Bahia. O estado com maior radiação solar de 6,5 kWh/m² de radiação global diária aparece apenas em 14º lugar no ranking de geração de energia solar descentralizada, mas um dos estados com uma das menores radiações solares do sul do país, Rio Grande do Sul, ocupa o 2º lugar no ranking (BRASIL, 2018b).

Os locais com menor radiação solar no sul do Brasil estão mais de 20% acima dos mais ensolarados da Alemanha e Espanha, por exemplo. A irradiação solar apresenta maior variação inter-sazonal na região Sul, onde o clima temperado e a influência dos sistemas de frio associados ao Anticiclone Polar Antártico contribuem para melhorar a nebulosidade, principalmente nos meses de inverno (EPE, 2014).

De fato, com grande parte do país entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, o Brasil recebe muito sol durante todo o ano sem se preocupar com as estações do ano. Graças a este potencial notável, a produção de eletricidade a partir dessa fonte renovável se tornou de interesse das autoridades (ESPOSITO; FUCHS, 2013).

É, portanto, particularmente interessante para o Brasil se engajar na produção de energia solar em larga escala, especialmente nas regiões semiáridas do país, que ainda estão subdesenvolvidas e que exigirão novas fontes para atender a crescente demanda de eletricidade. No momento da transição energética iniciada pelo mundo para tentar deter a mudança climática, a questão da produção de energia e seu corolário, a diversificação dos meios utilizados, é mais relevante do que nunca para o Brasil (BRASIL, 2018a).

O Brasil, por possuir em seu território imensos recursos hídricos, é o terceiro maior produtor de hidroeletricidade do mundo, com 81,2% do consumo nacional dessa fonte. Pioneira no setor de biocombustíveis, é também o segundo maior produtor graças à biomassa com seu importante mercado de cana-de-açúcar. Seu parque eólico também é crescente, especialmente no Nordeste, onde já foram implementados vários projetos, de modo que a matriz energética nacional é fortemente pautada na produção a partir de fontes renováveis (BRASIL, 2018b).



O início da implantação de projetos fotovoltaicos no Brasil remonta à década de 1990, quando o então governo brasileiro tentou proteger a indústria nacional das importações estrangeiras de menor custo na área de tecnologia da informação por meio de medidas protecionistas. Isso também se aplicava à área industrial adjacente da indústria fotovoltaica, uma vez que o uso de silício monocristalino também desempenha um papel importante (SOUZA; ARISTONE, 2021).

A partir de 1994, o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (Prodeem) levou a um maior uso de energia fotovoltaico no Brasil. Como resultado, por meio de licitações internacionais, uma capacidade total de 5MWp foi instalada no Brasil em 7.000 municípios. O programa teve continuidade na iniciativa do programa "Luz para Todos", que visava cumprir um dos principais objetivos da política energética brasileira, qual seja, possibilitar que todas as pessoas no Brasil tenham acesso à energia elétrica (SOARES, 2021).

Desde 2004, essa premissa da política energética resultou na instalação de mais 2.046 sistemas fotovoltaicos. O foco foi no fornecimento de energia para áreas fora da rede que não estavam ou não estão conectadas à rede nacional devido aos custos de expansão da rede muito elevados. No entanto, as experiências realizadas com os sistemas isolados diferem das dos sistemas conectados à rede, principalmente no que diz respeito aos aspectos técnicos e regulatórios (TONIN, 2020).

Embora a primeira planta tenha entrado em operação em 1995, não houve uma expansão abrangente desde então. Em 2011, foi assumida uma capacidade fotovoltaica instalada de cerca de 20 megawatt (MW), sendo a maioria, ou seja, mais de 90%, em áreas fora da rede. Embora o sistema de compensação de energia, tenha entrado em vigor em 2012, a expansão dos sistemas fotovoltaicos foi limitada no início, apesar do grande potencial (SOUZA, 2016).

As estimativas no final de 2013 assumiam uma capacidade fotovoltaica instalada de aproximadamente 50 MW, dos quais apenas 5 MW estavam ligados à rede, ou seja, aproximadamente 90% da capacidade instalada era em sistemas isolados. Naquela época, os sistemas fotovoltaicos eram implementados apenas na forma de projetos-piloto, em que o foco não era a eficiência econômica (OLIVEIRA, 2021).

Esses projetos incluem o projeto solar de megawatt com sistema de 1 Mega Watt peak (MWp) na sede da fornecedora de energia Eletrosul em Florianópolis, estádios como alimentação a partir de células solares como o Maracanã no Rio de Janeiro (390 kilowatt peak – kWp) ou o Mineirão em Belo Horizonte (1,5 MWp) e um projeto de 400 kWp na ilha de Fernando de Noronha (PB) (NAKABAYASHI, 2020).

Em 2015, o mercado de sistemas fotovoltaicos centralizados e descentralizados viu seus primeiros sucessos. Os preços mais baixos dos principais componentes dos sistemas fotovoltaicos foram parcialmente responsáveis por isso, mas também os preços mais baixos da energia fotovoltaica nos leilões (BRASIL, 2021).

Entre 2015 e 2016, por exemplo, o mercado de sistemas fotovoltaicos distribuídos com micro e mini sistemas solares experimentou um crescimento de 407%, que para centrais fotovoltaicas entre 2016 e 2017 chegou a crescer 3.264%. Na área de sistemas

fotovoltaicos centrais, os projetos já estão em fase de desenvolvimento e construção, que devem somar uma capacidade de 1.500 MW até 2022 (BRASIL, 2021).

Cerca de R\$ 10 bilhões em investimentos privados foram feitos desde 2014, o que também levou à criação de 50 mil novos empregos. 3,7 GW de energia solar foram arrematados em leilões de sistemas terrestres com comissionamento até 2022. A EPE pressupõe uma expansão indicativa cumulativa de sistemas fotovoltaicos em 5.000 MW até 2027 (BRASIL, 2022).

Além disso, a EPE estima que a capacidade instalada para sistemas fotovoltaicos centrais crescerá mais de 1.700% entre 2017 e 2027. Somente nos cinco anos entre 2017 e 2022, a EPE prevê um aumento de capacidade de 659,71%. Mais de 50% delas já estão instaladas (OLIVEIRA, 2021).

Em 2014, a EPE realizou uma avaliação do potencial técnico da geração domiciliar descentralizada para sistemas fotovoltaicos no Brasil. Os parâmetros considerados incluíram a radiação solar global, a área útil dos telhados e a eficiência dos módulos fotovoltaicos. A EPE chegou à conclusão de que todos os estados têm potencial técnico para gerar mais energia solar do que consomem (ESTEVEZ, 2021).

As regiões do sul do país podem compensar o fator negativo da menor radiação solar devido à maior densidade populacional e, portanto, maior número de telhados das casas. O ranking dos estados para sistemas fotovoltaicos descentralizados mostra que o potencial para este mercado não ainda esgotado. Cerca de 48,8% da capacidade instalada está localizada em apenas três estados, a saber, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo (BRASIL, 2021).

A primeira usina comercial solar no Brasil foi inaugurada em agosto de 2011 em Tauá, com capacidade de 1 MW. No final de 2015, a capacidade instalada era estimada em cerca de 69 MW, gerando menos de 0,01% da demanda de eletricidade do país. Mudanças em favor da medição líquida para pequenas instalações solares foram anunciadas em novembro de 2015, embora houvesse apenas 1300 sistemas conectados à rede na época (PEREIRA, 2021).

Em 2016, uma planta da Canadian Solar, com capacidade de 400 MW de painéis solares por ano, foi inaugurada em Sorocaba, em São Paulo, mas a energia fotovoltaica produzida foi equivalente à 0,01% da eletricidade gerada no país em 2016. (BRASIL, 2018a).

Em 2017, a situação se alterou significativamente com a colocação em funcionamento de três explorações usinas solares: a Nova Olinda com produção de 292 MW localizada no município de Ribeira do Piauí (PI); a usina de Ituverava com produção de 254 MW, localizada em Tabocas do Brejo Velho (BA) e o Parque Solar da Lapa, de 158 MW, em Bom Jesus da Lapa (BA). Essas instalações estão entre as maiores instalações do mundo (BRASIL, 2018b).

O Brasil instalou 400 MW em 2018 após 1 GW em 2017. No final de 2018, a capacidade instalada atingiu 1.600 MW. O Brasil espera ter 1,2 milhão de sistemas em 2024 e, até 2026, a capacidade instalada pode chegar a 13,3 a 16,8 GW. Os dois leilões de

contratos de compra de energia de longo prazo de 2017 e 2018 garantem a construção de 49 parques solares com capacidade total instalada de 1,3 gigawatts (GW). Ao todo, os investimentos devem somar R\$ 8,1 bilhões (BRASIL, 2018a).

Entre os vencedores estão a construtora brasileira SteelCons, a fabricante canadense de painéis solares Canadian Solar e o grupo italiano de energia Enel Green Power. Mais de 80% dos projetos solares estão no Nordeste, ou seja, na região de maior radiação solar do Brasil. As leituras aqui são, em média, duas vezes maiores do que na Alemanha. O restante será construído no sudeste (SOUZA; ARISTONE, 2021).

No plano de dez anos, a autoridade brasileira de planejamento de energia Empresa de Pesquisa Energética (EPE) prevê uma expansão dos parques solares conectados à rede dos atuais 2 GW para 9 GW até 2027. No total, espera-se que os sistemas centralizados e descentralizados forneçam cerca de 9% da produção total do país em 2027 (OLIVEIRA, 2021).

A partir de 2022, cerca de 1 GW deve ser adicionado a cada ano. Os projetos estão concentrados no nordeste do Brasil. Mas cada vez mais usinas devem ser construídas no sudeste e no centro-oeste. Na geração descentralizada, a energia solar é de longe a fonte de energia mais importante (SOARES, 2021).

No país, em 2021 um número recorde de novos projetos fotovoltaicos foram registrados na ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), de modo que a capacidade instalada atingiu 18 GW, enquanto a geração distribuída fotovoltaica vem crescendo cerca de 230% ao ano no Brasil desde 2020. Além disso, em 2021, o setor recebeu mais de R\$ 21,8 bilhões em investimentos, considerando a implantação de grandes empreendimentos, quanto dos pequenos e médios sistemas instalados em moradas, pequenos negócios e propriedades rurais (BRASIL, 2022).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia fotovoltaica é uma das várias formas de aproveitamento da radiação solar. Com a energia fotovoltaica a radiação solar é convertida diretamente em energia elétrica pelos painéis solares. Essencialmente existem dois tipos de uso para energia fotovoltaica, a possibilidade de gerar eletricidade para uso próprio fora da rede elétrica e tornar este tipo intermitente de geração de eletricidade por acumuladores constantemente utilizável, além da produção industrial que faz parte direta da matriz energética brasileira, e que vem aumentando sua participação e importância a cada ano.

A mini e micro geração fotovoltaica tem se difundido no Brasil em todas as regiões devido as características geográficas do país, que favorece o aproveitamento dos fótons para geração elétrica em pequena e grande escala em todas as regiões, obtendo aproveitamento quem vem se tornando cada vez mais comum em construções residenciais.

Um módulo solar é caracterizado por suas propriedades elétricas (por exemplo, tensão de circuito aberto e corrente de curto-circuito), mecânicas, ópticas e térmicas. A curva característica do módulo solar depende do material semicondutor utilizado e do processo

de fabricação das células solares. Para manter a alta eficiência, é importante que as células solares conectadas sejam o mais semelhantes possível.

Conclui-se que com o constante crescimento da energia fotovoltaica no Brasil, especialmente para produção residencial, o mercado necessita de profissionais capacitados para atender a crescente demanda dos consumidores. Novas tecnologias têm entrado no mercado e a tendência de uso da micro e mini geração parece que vai se prolongar pelos próximos anos, favorecendo o crescimento do setor.

Referências

- ALDABO, R. **Energia solar para produção de eletricidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Artliber, 2012, 232 p.
- ANTÚNEZ, P. F. **Potencial de integração de energia fotovoltaica em redes isoladas com geradores a diesel**. Rio de Janeiro, 2013.
- BENITO, T. P. **Práticas de energia solar fotovoltaica**. Porto, Portugal: Publindústria, 2019.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria De Planejamento E Desenvolvimento Energético – SPE. Departamento De Informações E Estudos Energéticos – DIE. **Boletim mensal de energia. Mês de referência agosto 2021**. Brasília: MME, 2021.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria De Planejamento E Desenvolvimento Energético – SPE. Departamento De Informações E Estudos Energéticos – DIE. **Boletim mensal de energia. Mês de referência dezembro 2021**. Brasília: MME, 2022.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Potencial dos Recursos Energéticos no Horizonte 2050**. NOTA TÉCNICA PR 04/18. Brasília: MME, 2018a.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Sistemas isolados**. Energia solar para suprimento de sistemas isolados do Amazonas. Avaliação da atratividade econômica de solução híbrida em sistemas do Grupo B do Projeto de Referência da Eletrobrás Distribuição Amazonas. Brasília: MME, 2018b.
- CASALE, R. M. **Eficiência da inserção da energia fotovoltaica no Brasil: uma abordagem por análise envoltória de dados**. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.
- DUPONT, F. H.; GRASSI, F. Energias Renováveis: buscando por uma matriz energética sustentável. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** Santa Maria, v. 19, n. 1, ed. especial, p. 70 – 81, 2015.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro: EPE, 2014. 58 p.
- ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. Desenvolvimento Tecnológico e Inserção da Energia Solar no Brasil. **Revista do BNDES**, n. 40, dez. 2013.
- ESTEVES, O. L. A. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída com armazenamento de energia para gerenciamento de demanda em horários de ponta em unidades consumidoras residenciais**. 2021. 117f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP, 2021.
- FONTES, R. **Usina Solar**: guia de como a energia solar é gerada de forma centralizada e principais usinas do Brasil. 2017. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/usina-solar-no-brasil/>. Acesso em: 15 out. 2021.
- HODGE, B. K. **Sistemas e aplicações de energia alternativa**. São Paulo: GEN – LTC, 2011.
- KALOGIROU, S. **Engenharia de Energia Solar: Processos e Sistemas**. São Paulo: Elsevier Academic, 2017.

- LIMA, C. E. **A energia fotovoltaica num contexto CTSA:** uma sequência de ensino sobre as transformações de energia solar em energia elétrica. 2018. 210f. Dissertação (Mestrado – Educação e Docência). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- MARQUES, F. **Energia Solar Fotovoltaica:** Um Enfoque Multidisciplinar. São Paulo: Synergia, 2019.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. **Energia solar:** estimativa e previsão de potencial solar. Curitiba: Appris, 2019.
- MELO, O. A. M. H. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia fotovoltaica:** uma aplicação da microgeração distribuída no nordeste brasileiro. 2018. 136 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2018.
- MOREIRA, J. R. S. **Energias Renováveis,** Geração Distribuída e Eficiência Energética. São Paulo: LTC, 2017, 412 p.
- NAKABAYASHI, R. **Microgeração fotovoltaica no Brasil:** condições atuais e perspectivas futuras. 2020. 158 f. Dissertação (Mestrado – Engenharia Elétrica). Instituto de Energia e Ambiente, USP, São Paulo, 2020.
- NASCIMENTO, R. L. **Energia solar no Brasil:** situação e perspectivas. Brasília: Câmara dos Deputados, 2017.
- NEVES, F. G. G. R.; ROCHA, C. F. D. **A evolução da energia solar na matriz elétrica brasileira:** perspectivas de implementação e impacto positivo na sustentabilidade. Curitiba: Appris, 2021.
- NUAYED, E. **Fundamentos de Sistemas Fotovoltaicos:** Sistemas Individuais. São Paulo: eBook Kindle, 2018.
- OLIVEIRA, J. É. S. de. **Análise de sistemas de energia fotovoltaica implantados em prédios públicos localizados no município de São Paulo.** 2021. 98 f. Dissertação (Mestrado em Cidades Inteligentes e Sustentáveis). Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2021.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2017.
- PEREIRA, N. X. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil:** geração distribuída vs geração centralizada. 2021. 85f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Elétrica). Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba/SP, 2021.
- PIRES, C. A. **Matriz Elétrica do Brasil:** contexto atual e futuro. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. Brasília: MME, 2018.
- SOARES, M. F. V. **Análise comparativa de políticas públicas e desenvolvimento regulatório da energia solar fotovoltaica no Brasil e na Alemanha.** 2021. 77f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2021.
- SOUZA, A. C. de. **Análise dos impactos da geração distribuída por fonte solar fotovoltaica na qualidade da energia elétrica.** 2016. 160 f. Dissertação (Mestrado – Engenharias). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, 2016.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** São Paulo: CRESESB, 2014.
- SOUZA, A.; ARISTONE, F. Estudo da Eficiência Energética de Células Fotovoltaicas em Função da Radiação Solar no Centro-Oeste Brasileiro. **Revista de Geografia e Interdisciplinar**, v. 2, n. 7. 2021.
- TIEPOLO, G. M. **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná.** 2015. 142f. Tese (Doutorado - Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS)). Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2015.
- TONIN, F. S. **Caracterização de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica na Cidade de Curitiba.** 2020, 124f. Dissertação (Mestrado - Engenharia Elétrica - Sistemas de Energia). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2020.
- VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica -** Conceitos e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

Engenharia Química



CAPÍTULO 38

USO DE SOFTWARES LIVRES PARA MODELAGEM, OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

*USE OF FREE SOFTWARE FOR MODELING, OPTIMIZATION AND
SIMULATION IN INDUSTRIAL PROCESSES*

Vandeson Silva dos Santos¹

¹ Engenharia Química, Faculdade Pitágoras, São Luís-MA

Resumo

O uso dos softwares livres na aplicação de simulação industrial é um grande progresso e uma ferramenta rica, cada vez mais utilizada no ramo de modelagem e otimização de processos químicos. A problemática desse estudo baseia-se em questionar como os softwares livres são usados e como influenciam no processo de simulação, otimização e no custo benefício do sistema industrial? Esta obra, portanto, objetiva descrever a importância dos softwares de código aberto, COCO (CAPE-OPEN to CAPE OPEN), EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization), BrOffice e sua aplicabilidade na Engenharia Química. Como objetivos específicos foram abordados os seguintes tópicos: descrever as características dos softwares; apontar as simulações dos processos industriais; caracterizar e comparar vantagens dos softwares em estudos para modelagem e otimização em processos químicos. A metodologia utilizada foi a de revisão de literatura, obtidas a partir de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, anais de eventos científicos, e os principais bancos de dados utilizados para o levantamento foram: Scientific Electronic Library Online, Emerald, e Science Direct. Foi utilizada uma limitação temporal para a investigação a partir do ano de 2004 a 2022. Pode-se constatar nessa pesquisa que todos os simuladores livres tem uma larga vantagem para a redução de custos dentro de uma planta química industrial e meios acadêmicos, devido seu valor para aquisição ser nulo e enquanto os outros softwares de formas privada, seu custo é bastante alto. Sendo assim, os livres aparecem como uma ferramenta alternativa de uso.

Palavras chave: Software livre, Modelagem, Simulação de processo

Abstract

The use of free software in the application of industrial simulation is a great progress and a rich tool, increasingly used in the field of modeling and optimization of chemical processes. The problem of this study is based on questioning how free software are used and how they influence the simulation process, optimization and the cost benefit of the industrial system? This work, therefore, aims to describe the importance of open-source software, COCO (CAPE-OPEN to CAPE OPEN), EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization), BrOffice and its applicability in Chemical Engineering. As specific objectives, the following topics were addressed: describing the characteristics of the software; point out the simulations of industrial processes; characterize and compare the advantages of software in studies for modeling and optimization in chemical processes. The methodology used was the literature review, obtained from articles published in national and international journals, annals of scientific events, and the main databases used for the survey were: Scientific Electronic Library Online, Emerald, and Science Direct. A time limitation was used for the investigation from the year 2004 to 2022. It can be seen in this research that all free simulators have a large advantage for cost reduction within an industrial chemical plant and academic environments, due to their value for acquisition to be null and while the other software in private ways, its cost is quite high. Thus, the books appear as an alternative tool to use.

Keywords: Free software, Modeling, Process simulation



1. INTRODUÇÃO

O uso dos softwares na aplicação de simulação industrial é um grande progresso e uma ferramenta rica cada vez mais utilizada no ramo de modelagem e otimização de processos químicos, pois eles permitem alcançar modificações nos sistemas operacionais de modo a descobrir a melhor alternativa para o processo, otimizando a operação, somando a produção e diminuindo as despesas, sem realizar alterações em escala autêntica.

O conhecimento da utilização de software de simulação é visto com grande interesse por parte das empresas. A possibilidade de otimização, redução de custo e, conseqüente aumento de lucro passa a ser um diferencial de escolha de futuros profissionais. Por esse motivo o estudante de Engenharia Química necessita ser capaz de projetar e entender a operação de diversas operações unitárias em simulação para a vida profissional.

É cada vez mais evidente a importância da utilização das ferramentas computacionais, seja para uso industrial, acadêmico ou até mesmo individual. Para Engenharia Química é primordial que existam programas capazes de simular processos, de modo a aumentar a eficiência e garantir um melhor aproveitamento dos recursos. É nesse contexto que o presente estudo se torna relevante, pois trata sobre os softwares livres que visam modelar e otimizar o processo industrial e ainda contribuir para o enriquecimento de pesquisas sobre o tema. Nesse sentido, surge a seguinte problemática: como os softwares livres são usados e como influenciam no processo de simulação, otimização e custo-benefício do sistema industrial?

Esta obra, portanto, objetiva descrever a importância dos softwares de código aberto, COCO (CAPE-OPEN to CAPE OPEN), EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization), BrOffice e sua aplicabilidade na Engenharia Química. Como objetivos específicos foram definidos: descrever as características dos softwares; apontar as simulações dos processos industriais; caracterizar e comparar vantagens dos softwares em estudos para modelagem e otimização em processos químicos.

A metodologia utilizada no presente trabalho foi a de revisão de literatura e está fundamentada em estudos de autores como Domingues, Duarte, Francisquetti, entre outras referências bibliográficas obtidas a partir de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais, anais de eventos científicos, e os principais bancos de dados utilizados para o levantamento foram: Scientific Electronic Library Online (SciELO), Emerald, e Science Direct. Foi utilizada uma limitação temporal para a investigação a partir do ano de 2004 a 2022 e as palavras-chave utilizadas na busca por trabalhos foram: software livre; modelagem; simulação de processo.

2. CARACTERIZAÇÃO DOS SOFTWARES LIVRES

Na engenharia, o uso de ferramentas computacionais está se tornando cada vez mais importante na vida do profissional. Os softwares de simulação são potentes instrumentos

utilizados no ramo industrial, pois possibilita otimizar a operação, aumentar a produção e diminuir os custos, sem efetuar alterações em escala real, além de realizar modificações nos sistemas operacionais de modo a encontrar a melhor alternativa para o processo (FRACISQUETTI, 2014).

De acordo com Domingues e Mendes Junior (2003), a utilização de aplicativos científicos de livres distribuição ainda é uma ferramenta pouco utilizada em vários seguimentos da comunidade científica. Os programas de código aberto (open source software) de livre distribuição (free software) individualizam-se por terem as seguintes características de liberdade: aperfeiçoar, estudar, distribuir, copiar, modificar e executar importantes ferramentas no auxílio de resolução de problemas na área de engenharia. Devido a tecnologia ser acessível e seu custo ser nulo, cada vez mais tem sido praticado nas indústrias, tornando seu uso bastante disseminado entre os profissionais.

Determinadas operações industriais são muito complexas, exigindo vários parâmetros, termodinâmicos, físicos, diversas variáveis de entrada e saída, entre outras dificuldades. Em virtude disso, a escolha do software de simulação que adapte as necessidades do processo, do custo reduzido e especialmente que demonstre uma linguagem acessível, é de extrema importância para que evite problemas futuros na hora da implementação dos modelos (DUARTE et al., 2015; FRACISQUETTI, 2014).

O ensino de engenharia está ligado diretamente com o uso de ferramentas computacionais. Como opções aos softwares os de uso livre são mais vantajosos. O termo softwares livre define-se à liberdade dos usuários executarem, copiarem, distribuírem, estudarem, modificarem, aperfeiçoarem o software e ser gratuito. Além de a implementação da solução ter um menor custo do que com sistemas reservados os privados. Pode-se salientar a opção de poder alterar o código para adaptar a necessidade de cada executor do programa e também a possibilidade de trocar de fornecedor de serviços sem ter de trocar de sistemas (ALMEIDA, 2004).

A realização de experimentos reais é inviável em uma enorme parte de processos e circunstâncias, pois alguns softwares, como por exemplo, os de simulação, são de extraordinária importância, uma vez que nesses eventos pode ser que o sistema real não exista, porque se trata de projeto, ou não esteja disponível para experimentos, devido a diversos motivos, como riscos de grandes prejuízos ou de vidas. Dessa forma, a simulação tornou-se uma ferramenta muito potente para o planejamento, projeto, controle e até mesmo otimização de sistemas. O que levaria meses ou anos para ser testado pode ser simulado em algumas horas com a ajuda de softwares (VICENTE, 2005).

2.1 Coco

O simulador COCO (CAPE-OPEN to CAPE-OPEN) trabalha num ambiente envolvente de simulação em condição estacionária proporcionando uma área de interação simplificada para o usuário, como por exemplo, a alteração e correção nas variáveis do processo químico visando suas mudanças alcançando um nível viável de operação. O COCO é um ambiente de simulação livre compatível com o estado estacionário, dividido em 4 componentes: COFE, TEA, COUSCOUS e CORN (BERTOLDI, 2012).



O componente COFE (CAPEN-OPEN Flowsheet Environment), é uma interface gráfica que proporciona uma interação fácil com modelo de fluxogramas de plantas químicas, possuindo algoritmo de solução sequencial para suas correntes e exibindo as propriedades das correntes e conversão de unidades de fluxo facilitando a plotagem com geração de gráficos intuitivos (COCO, 2021).

O componente TEA (Thermodynamics for Engineering Applications) é o pacote baseado na biblioteca termodinâmica do ChemSep possuindo mais de 430 componentes químicos comumente usados e apresentando mais de 100 métodos de cálculo de propriedades analíticas ou numéricas derivados (COCO, 2021).

No COUSCOUS (The CAPE-OPEN Unit-operations Simple) é o pacote de operações unitárias contendo um divisor de correntes, reatores, misturadores, bombas, evaporadores, trocadores de calor, entre outras operações unitárias. Também contendo uma versão limitada do ChemSep com um máximo de 40 compostos e 300 estágios servindo como coluna de destilação dentro do COCO (COCO, 2021).

Por fim o CORN (The CAPE-OPEN Reaction Numerics) é o pacote que facilita a especificação de qualquer tipo de reação em equilíbrio e cinética em reatores. Unidades simples de reação, como reatores de equilíbrios, CSTR e reatores de escoamento empistonado PFR que podem usar o pacote CORN acompanha o pacote COUSCOUS (COCO, 2021).

2.2 Emso

EMSO que é a sigla para Environment for Modeling, Simulation and Optimization em tradução livre, Ambiente para Modelagem, Simulação e Otimização, teve seu desenvolvimento iniciado em 2001, sendo sua base escrito em C++ uma linguagem de programação muito utilizada e altamente acessível (LIMA; NEIVA; POUBEL, 2015).

O EMSO é um software desenvolvido no Brasil, gratuito, editado para (ALSOC) Ambiente Livre para Simulação, Otimização e Controle de processos industrial da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, com o objetivo principal de desenvolver e resolver problemas de equações algébricas diferenciais de dimensões elevada e permitindo modelar processos tanto na condição estacionária quanto no estado dinâmico, significando de tal modo uma ferramenta que pode ser aplicada em várias áreas da engenharia. Um dos benefícios do EMSO é que ele permite a alternativa do usuário em desenvolver seus próprios modelos ou aproveitar as disponíveis em sua rica biblioteca (EML-EMSO, Model Library) (FRACISQUETTI, 2014).

A funcionalidade do software EMSO é desenvolvida em três janelas diferentes: Model, Device e FlowSheet. O elemento Model cria uso das seções parâmetros, variáveis e equação, onde serão acrescentadas as declarações das constantes e variáveis do processo para futura aplicação das equações estado. O Device é o desenho de reprodução dos equipamentos do processo, onde sua definição matemática é descrita e apresentada pelo Model. Já o FlowSheet simula o fluxograma do processo, utilizando um conjunto de modelos e amostras determinadas na seção Devices (RODRIGUES et al., 2006).

Francisquetti (2014) ressaltou que quando o software EMSO constituiu sua aplicabilidade como uma ferramenta de instrução com sua biblioteca ampla na indústria, houve uma boa e adequada aceitação por partes dos profissionais ao programa.

Uma das características deste software é a acessibilidade aos modelos matemáticos desenvolvidos e a possibilidade de inserção de novos modelos ou aprimoramento daqueles já existentes. Além disso, é possível adicionar também plug-ins na forma de biblioteca dinâmicas (dll's), novos solvers e rotinas de otimização para realizar cálculos não usuais dentro da plataforma de simulação (LIMA; NEIVA; POUBEL, 2015).

2.3 Broffice

Além de simuladores citados, outros programas que não podem ser descartados pelos profissionais são os editores de texto, planilhas e apresentação. Estes editores se tornam ferramentas importantíssimas na indústria, sendo muito utilizados para apresentações de produção, entre outras.

Microsoft capturava o destaque tratando-se de software, logo o pacote escritório inserido em tal sistema era o Open Office que possuía uma coletânea de programas necessários para desenvolvimento de tarefas do cotidiano como: Word (editor de texto), Excel (planilhas), Power Point (apresentação por slides) e, entre outros, Access (banco de dados). São programas do tipo shareware, ou seja, exigem uma licença para seu uso. É uma suíte de aplicativos para escritório livres multiplataforma. Isto é, sua distribuição abrange sistemas como: a Microsoft Windows, Unix, Solaris, Linux e Mac OS X (COSTA, 2007).

É de conhecimento geral o domínio de desenvolvedores comerciais privados quando o assunto é edição de texto, planilhas e apresentações. O seu sucesso é explicado devido a sua facilidade de uso, resultado da sua interface fácil e intuitiva do seu sistema de ajuda e dicas, tornando possível a sua utilização por qualquer usuário que pague para sua disponibilização, tornando-se assim muitas vezes inviável para empresas devido seu alto preço. Como uma maneira de facilitar a vida dos usuários e empresas, surgiu o BrOffice como uma alternativa gratuita de extrema semelhança em comparação aos softwares de empresas comerciais como por exemplo o pacote office. o BrOffice, um software brasileiro, consegue efetuar praticamente todas as tarefas que seus concorrentes semelhantes, permitindo ao usuário a criação e edição de planilhas, texto e apresentações, sendo perfeitamente uma ferramenta utilizável e vantajosa (DUARTE; ORELLANA; CAMPOS, 2015).

Este software foi desenvolvido por pesquisadores brasileiro a partir da versão para escritório, de código aberto LibreOffice, o BrOffice faz praticamente tudo o que os programas do Microsoft Office fazem e é gratuito. Além disso, ele tem boa compatibilidade com os programas do pacote Office. Para uma utilização a nível médios, ambos são bastante similares, o que torna a opção pelo BrOffice bastante interessante (BROFFICE, 2008).

Por definição softwares livres são aqueles programas computacionais desenvolvidos para que possam ser utilizados, modificados, copiados sem nenhum impedimento, intervenção estabelecida pelo seu fabricante e além de poder ser atualizados sem custos para possuir livre acesso ao seu código fonte, possuir livre acesso para executá-lo para



qualquer finalidade, possuir livre acesso para modificação, possuir aperfeiçoamento e não possui restrição à cópia do mesmo (AZEVEDO; PINTO; MICHELINI, 2011).

3. SIMULAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

A simulação e a modelagem são atividades cada vez mais presentes na engenharia, pois admitem a previsão de parâmetros e dados antes da etapa de construção ou sem que sejam feitas alterações nos sistemas operantes, amortizando custos e agilizando projetos. Na engenharia química, especificamente, a simulação é essencial na previsão de condições operacionais e na modelagem de equipamentos, podendo ser uma ferramenta muito importante no desenvolvimento de novos processos, por exemplo, ou até mesmo na avaliação de mudanças em processos já existentes (BRANCHIE, 2017).

Em resumo, a simulação de processos objetiva simular computacionalmente fenômenos e processos químicos e mecânicos, para coletar dados e calcular parâmetros importantes para mudanças práticas em processos, através de equações diferenciais e modelos matemáticos complexos para entender melhor os benefícios que traz a maior produtividade, melhor controle, qualidade, segurança e inovação (BRANCHIE, 2017).

Um modelo é a representação da realidade, é a tentativa de imitá-la. É uma maneira de entender o comportamento dos sistemas, e a partir daí, controlá-los e otimizá-los. A principal função da modelagem é a determinação de equações matemáticas que descrevam o comportamento de um processo ou sistema. Ao realizar uma modelagem, é possível transpor um problema real para um problema matemático, resolvê-lo e interpretá-lo. Um modelo nunca será capaz de ser uma cópia perfeita da realidade, porém, um modelo com boa representação do processo deve ser capaz de incorporar todos os efeitos eficaz e dinâmicos. Para que um modelo seja bem construído, ele deve, no mínimo, representar as seguintes características do sistema: a resposta correta do sistema a perturbações, uma estrutura válida que correlacione as variáveis de entrada e as respostas do processo, e o comportamento a curto e longo prazo do sistema (CALLISTER, 2008).

3.1 Coco

Na engenharia a modelagem e simulação com softwares tem uma seriedade muito grande para as instruções e pesquisa científica, devido as arquiteturas dos softwares que possuem uma extensa biblioteca e um amplo desenvolvimento. A simulação é utilizada para os testes de experimentação e também para elaboração de conjunto de dados, pois possuem uma ampla funcionalidade e uma simples manipulação. Para a engenharia química o software COCO de código livre é uma alternativa, pois ele possui um bom desenvolvimento em soluções de problemas durante as simulações. Nesse software inclui uma grande coleção de ferramentas que as empresas utilizam para arranjos de balanços e cálculos que além disso, elaboram as representações gráficas estatísticas e dinâmicas (BERTOLDI, 2012).

A modelagem e a simulação de processos químicos são de extraordinária importância pois com a utilização do simulador COCO como ferramenta computacional didática para a indústria, possibilita visualização de variáveis resultantes de forma rápida e simplificada, através de uma interface gráfica de visualização com conceitos para o processo e compreende as mudanças de estados das variáveis durante as simulações, de modo a alterar as condições operacionais, como rendimento e pureza do produto desejado (GONÇALVES, 2011).

O resultado de um processo simulado através do software COCO pode ser observado na Figura 1, que nesse caso particular, representa a simulação do processo de análise e produção de estireno(C_8H_8) em um reator (PFR) que recebe o nome na literatura de reator com escoamento pistonado. O estireno é principal matéria prima utilizada na produção de poliestireno(C_8H_8)n material sintético, rígido, cristalino muito usado comercialmente e muito semelhante ao acrílico (LANDER; SANTOS; SILVA, 2016).

Segundo Gonçalves (2011) a simulação em produção de estireno pela desidrogenação do etilbenzeno, baseia-se no processo que se inicia com dois fluxos de alimentação, uma contendo 86% de etilbenzeno, 10% de tolueno e 4% de benzeno na fase líquida e outra contendo água pura na fase gasosa. As vazões que entram no processo são 600 kmol/h de água a uma temperatura de $172^\circ C$, 34,4 kmol/h de etilbenzeno, 4 kmol/h de tolueno e 1,6 kmol/h de benzeno a uma temperatura de $136^\circ C$ e todas elas a uma pressão de 3 bar (LANDER; SANTOS; SILVA, 2016).

As duas correntes são alimentadas a um misturador que são pré-aquecidas a uma temperatura de $577^\circ C$ e ligadas a um reator. A pressão do reator varia de 1 a 3 bar. Habitualmente a razão molar de água e etilbenzeno é em torno de 15:1. O desenvolvimento da reação que está em formação de estireno ocorre pela desidrogenação de etilbenzeno que é uma reação endotérmica, reversível e tem uma conversão de 90% como visto na Figura 1 (LANDER; SANTOS; SILVA, 2016).

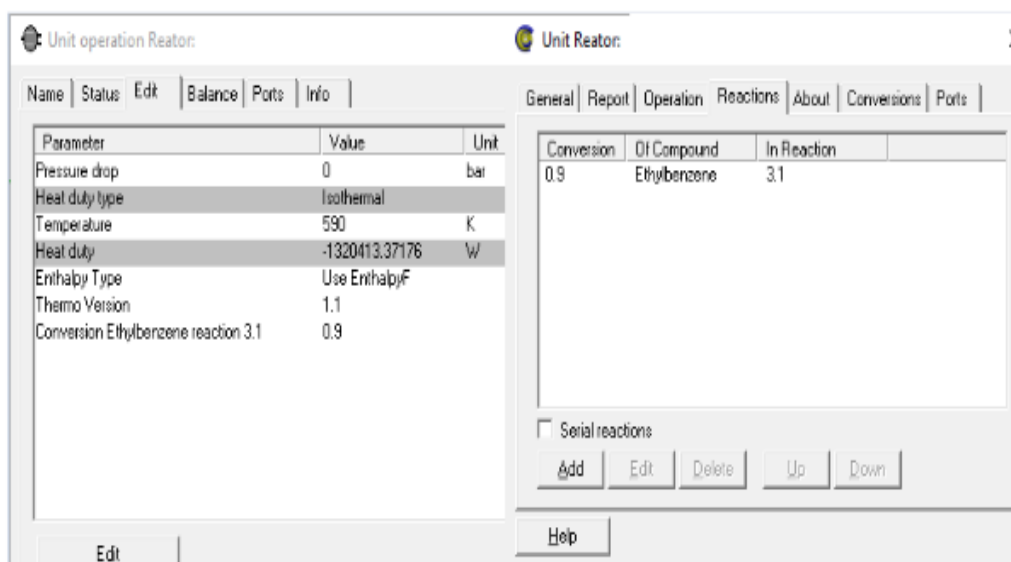


Figura 1 - Propriedades do reator
Fonte: Lander, Santos e Silva (2016)

A corrente de produtos do reator é alimentada a um flash primário onde praticamente toda água do processo é retirada na base, conforme a Figura 2, os demais produtos que aparecem no topo são alimentados a um flash secundário onde os gases mais leves saem

no topo do flash e os mais densos na base, que de modo são mantidos e alimentados em uma coluna de destilação para obtenção de estireno com pureza em torno de 92%. O processo não possui reciclo, pois praticamente todo etilbenzeno alimentado ao processo reage (LANDER; SANTOS; SILVA, 2016).

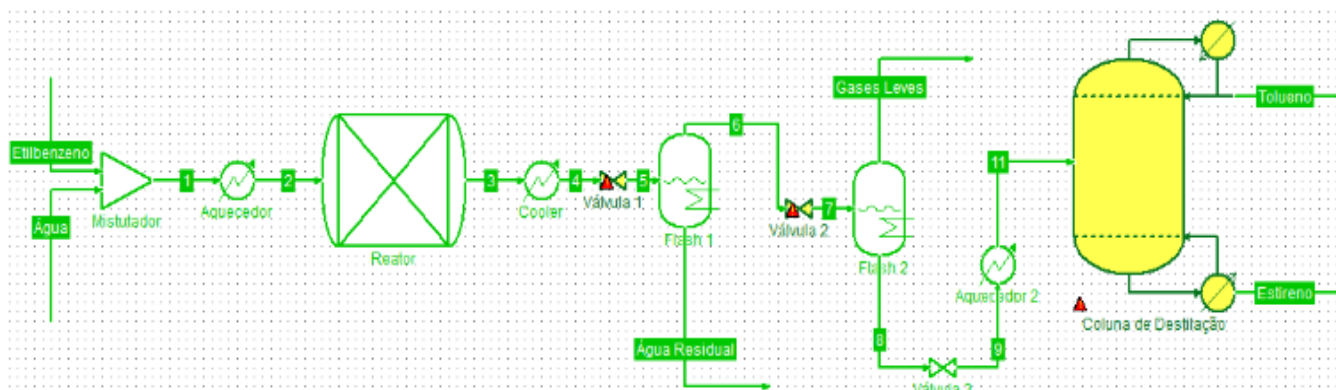


Figura 2 - Modelagem da produção de estireno pela desidrogenação do etilbenzeno
Fonte: Lander, Santos e Silva (2016)

3.2 Emso

Segundo Fogler (2009), os reatores químicos são equipamentos onde acontecem reações em grande linha de produção para escala industrial e transformação de matérias-primas em produtos comerciáveis. Esses existem nas mais variadas configurações de formas e tamanhos. Um dos tipos de reator ideal mais comum é o do tipo batelada (BR) reator tanque com agitação mecânica, outro tipo de reator que exigem um dimensionamento mais complexo de equações diferenciais é o de tanque perfeitamente agitado, também chamado de reator (CSTR), que neste reator de tanque-agitado contínuo ou reator de retro mistura perfeita, o fluido é uniformemente misturado e a composição é igual em todo o interior do reator, assim como na saída. Para isso, o arranjo de projeto deve ser o mesmo de modo a não haver variação espacial de concentração, velocidade da reação e temperatura.

A redução do custo dos computadores e a melhora do desenvolvimento no desempenho difundiram seu uso nos estudos de engenharia, por meio da utilização de softwares de computação numérica e simulação, vem sendo ampliado pelo uso acadêmico e industrial de programas como o EMSO, que foram revisado nesse trabalho (SILVA; CUNHA, 2006).

O EMSO emprega uma linguagem de modelagem orientada a objetos, o que permite arranjo e organização estruturada das unidades que compõem o processo para estrutura computacional de entrada de dados. Desta forma, as simulações são efetuadas pela simples seleção e conexão de modelos de cada equipamento. O usuário pode optar por realizar as simulações em modo texto, como descrito na Figura 3. Simplesmente adicionando os textos de modo as etapas de pré-tratamento e declarações das variáveis do processo (RODRIGUES et al., 2006).

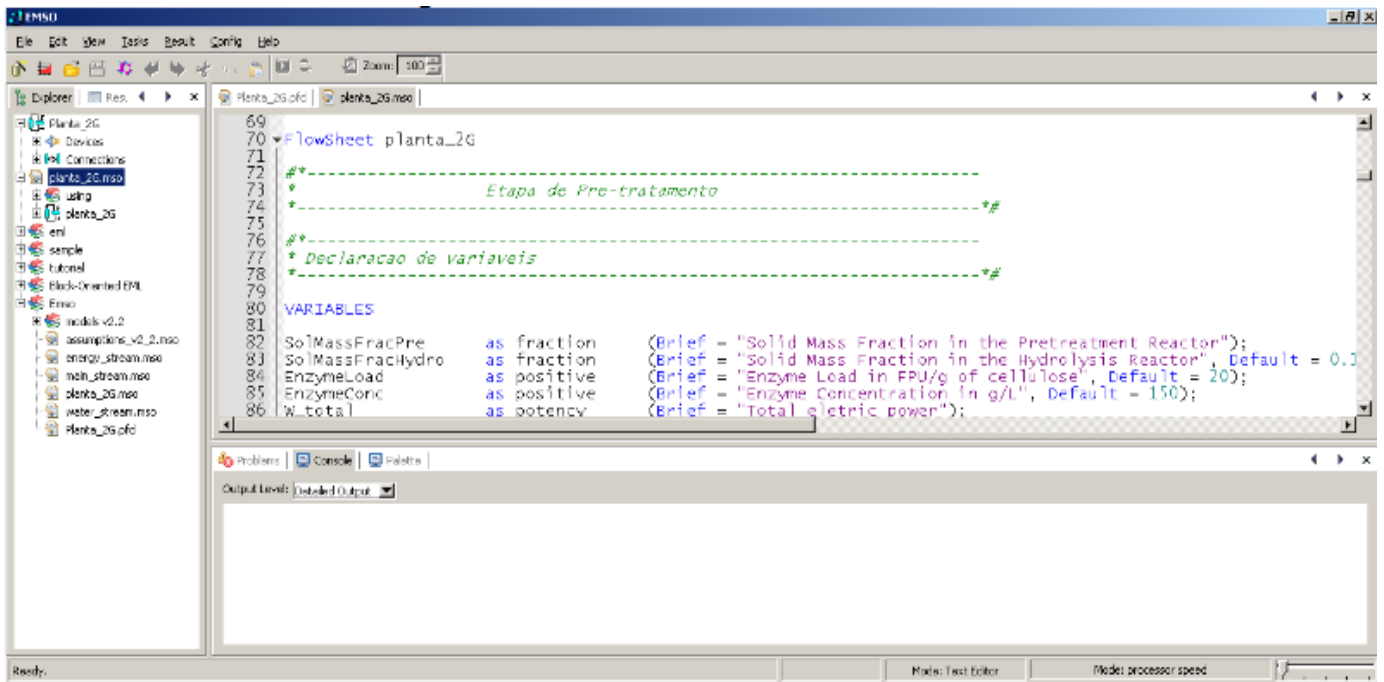


Figura 3 - Simulação em modo texto
 Fonte: Lino (2018)

Rodrigues et al. (2006) ainda afirma que o usuário também pode optar por realizar e utilizar as simulações em modo de interface gráfica do software EMSO, como descrito na Figura 4. Desse modo gráfico fica ainda mais simples sua utilização com uma planta em 2D, para demonstrar os resultados e facilitando as declarações de variáveis, adicionando outros equipamentos do processo e sua interpretação.

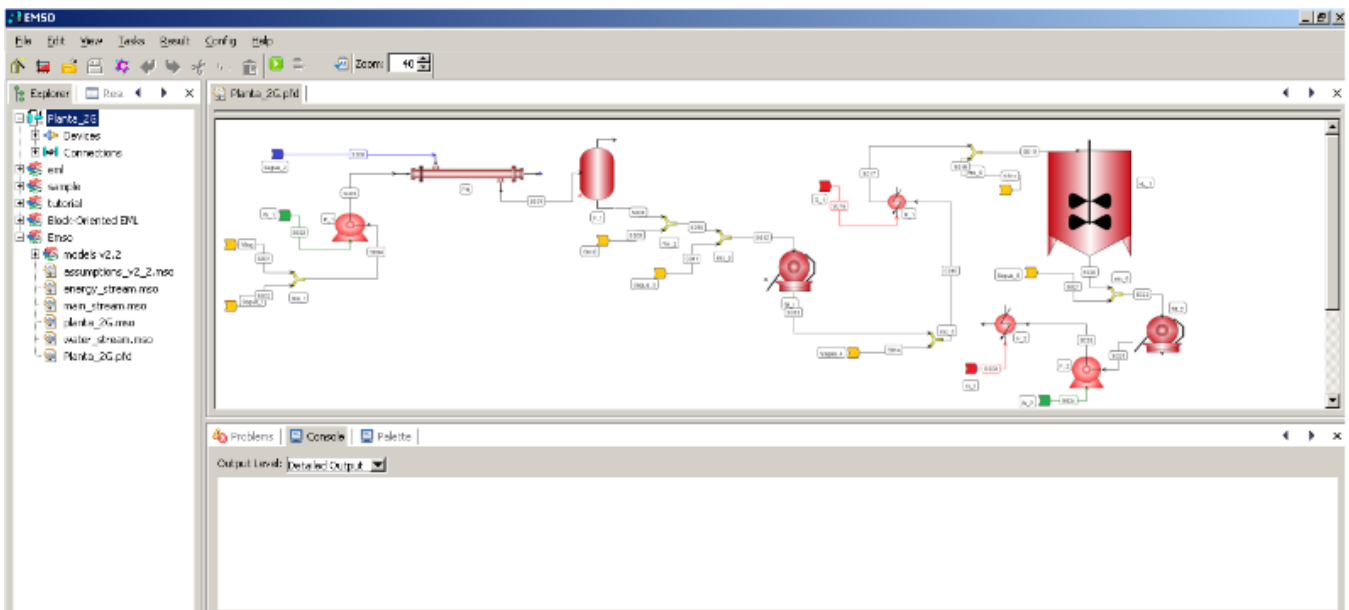


Figura 4 - Simulação em interface gráfica
 Fonte: Lino (2018)

Um dos atributos deste software é a acessibilidade aos modelos matemáticos desenvolvidos e a possibilidade de inserir novos modelos ou aprimoramento daqueles já existentes. Além disso, é aceitável adicionar novos plug-ins na forma de biblioteca dinâmicas (dll's), novos solvers e rotinas de otimização para realizar cálculos não usuais dentro da plataforma de simulação (LIMA; NEIVA; POUBEL, 2015).

De acordo com os estudos feitos por Schultz et al. (2018) para modelagem de um reator batelada, as leis básicas adquirida são as de conservação de massa e energia, consistindo primeiramente em determinar as variáveis de interesse que influenciam o funcionamento do reator, sendo o volume inicial, a vazão de entrada, a equação de taxa, a constante cinética e a densidade. Determinadas as variáveis, ele utilizou o balanço molar, balanço de massa e de energia (de acordo com a variável que se deseja verificar o comportamento), para realização de manipulações algébricas e considerações cinéticas e termodinâmicas de forma a obter uma equação diferencial que demonstra como a variável de interesse se modifica com o tempo ou volume, em forma de derivada (dCA/dt , dX/dV e dT/dV) realizando os devidos balanços para a obtenção do modelo matemático para o reator, conforme mostra a figura 5. Este título de pesquisa apresenta um procedimento para utilização de modelagem de um reator (BR), e a simulação do mesmo no software EMSO.

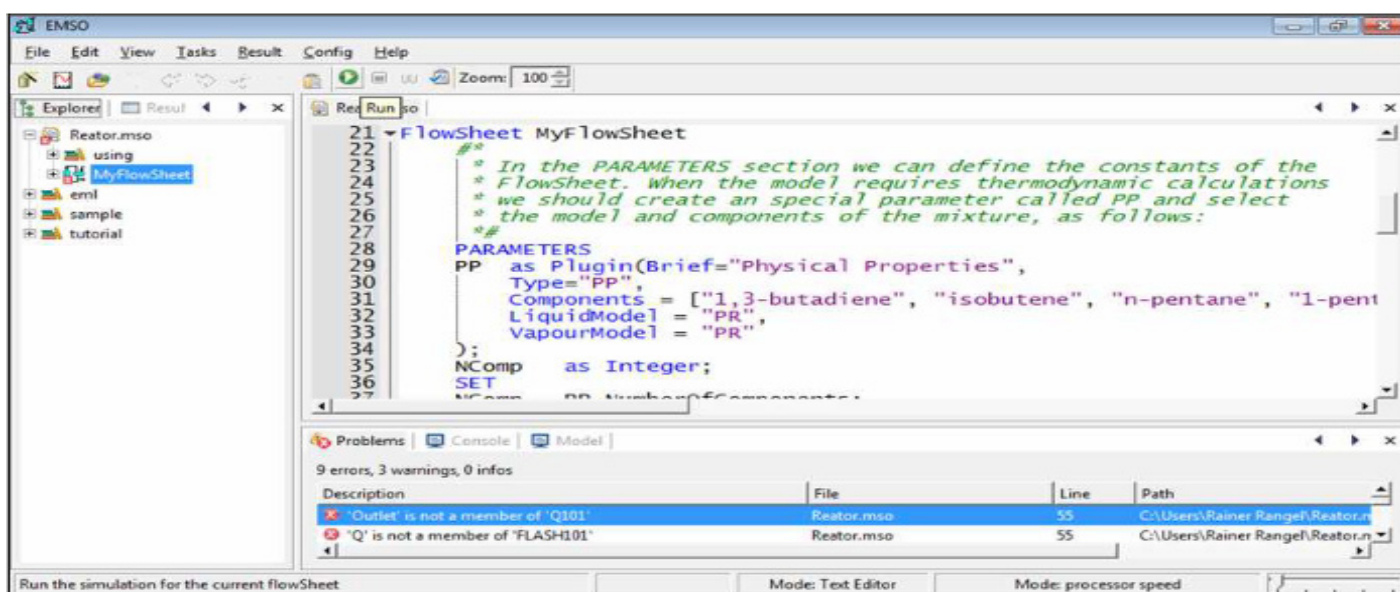


Figura 5 - Layout EMSO
Fonte: Schultz et al. (2018)

A modelagem por meio da interpretação do dimensionamento do reator (BR) a reação é do tipo elementar e pode ser escrita da seguinte lei de velocidade: $r_A = kCAC_b$. Adiante aplicando o princípio da conservação de matéria (Acúmulo = Entra - Sai + Gerado - Consumido) e analisando que os reagentes são consumidos, e que a concentração de A e o volume V variam com o tempo, obtém uma equação diferencial e se faz necessário o arranjo de um balanço de massa (Acúmulo = Entra) (SCHULTZ et al., 2018).

Os modelos obtidos durante a modelagem são sistemas de equações diferenciais ordinárias e suas soluções manuais são bastante trabalhosas. O EMSO tornar essas soluções mais rápidas. Na programação do modelo matemático é indispensável declarar as equações diferenciais, bem como, suas condições, variáveis e parâmetros iniciais. Na Figura 6 tem-se a programação das equações diferenciais no EMSO (SCHULTZ et al., 2018).

FlowSheet ReatorBr

```

#Reator semibatelada isotérmico com reação A+B->C+D de segunda ordem#

PARAMETERS
k as Real(Brief="constante de cinética", Unit='1/s/mol', Default=2.2);
W as Real(Brief="vazão volumétrica", Unit='1/s', Default=0.05);
Vo as Real(Brief="volume inicial", Unit='l', Default=5);
Cao as Real(Brief="concentração de A alimentado", Unit='mol/l', Default=0.05);
Cbo as Real(Brief="concentração de B alimentado", Unit='mol/l', Default=0.025);

VARIABLES
V as Real(Brief="volume", Unit='l');
Ca as Real (Brief="concentração de A", Unit = 'mol/l');
Cb as Real (Brief="concentração de B", Unit = 'mol/l');
Cc as Real (Brief="concentração de C", Unit = 'mol/l');

EQUATIONS
"Volume do reator"
diff(V)=W;
"Balanço Molar para A"
diff(Ca)=-k*Ca*Cb-((W/V)*Ca);
"Balanço Molar para B"
diff(Cb)=-k*Ca*Cb+(W/V)*(Cbo-Cb);
"Balanço Molar para C"
diff(Cc)=k*Ca*Cb-(W/V)*Cc;

INITIAL
V=5*'l';
Ca=0.05*'mol/l';
Cb=0*'mol/l';
Cc=0*'mol/l';

OPTIONS
TimeStart = 0;
TimeStep = 1;
TimeEnd = 500;
TimeUnit = 's';

end

```

Figura 6 - Programação do reator batelada no EMSO
Fonte: Schultz et al. (2018)

Na Figura 7 é apresentada a dispersão gráfica das variações das concentrações das espécies A, B e C e percebe-se que inicialmente a concentração de B e C no reator são iguais a zero, enquanto que a concentração de A é igual a 0,05 mol/L. Com o passar do tempo a concentração de A diminui por causa de sua reação com B para a produção de C. A concentração de B aumenta devido ao fato de ser adicionado continuamente. Quando A acaba (por volta de $t = 350s$), atinge-se o estado estacionário. A partir desse ponto a concentração de B continua a crescer enquanto o mesmo ainda é adicionado ao reator (ressaltando que nesse ponto, B não é mais consumido, logo sua concentração cresce mais rapidamente) e C para de ser produzido, sendo que sua concentração diminui devido à adição de B que dilui a solução (SCHULTZ et al., 2018).

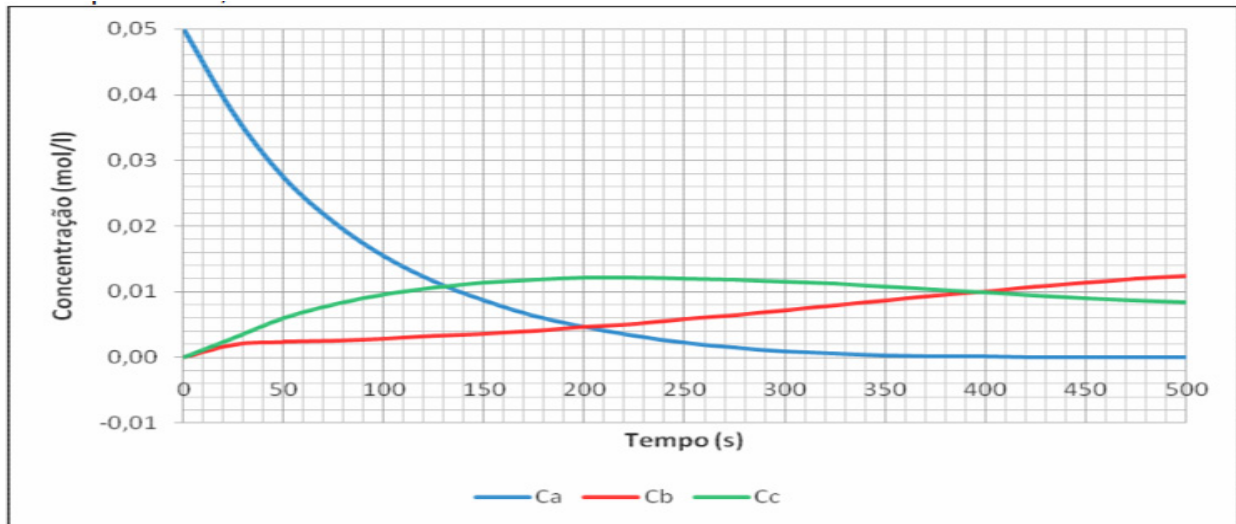


Figura 7 - Concentração das espécies A, B e C em função do tempo
 Fonte: Schultz et al. (2018)

3.3 Broffice

Os resultados são muito bons com a utilização de planilhas eletrônicas ou folha de cálculos como elemento facilitador para a construção de modelos, levantamento ou apresentação de dados que irá ajustar a interpretação das análises de simulação, dando a oportunidade aos usuários uma nova visão e solução sobre o problema encontrado e para compreendê-lo ainda mais com clareza sobre o assunto a ser modelado como mostra a Figura 8 (CRUZ, 2013).

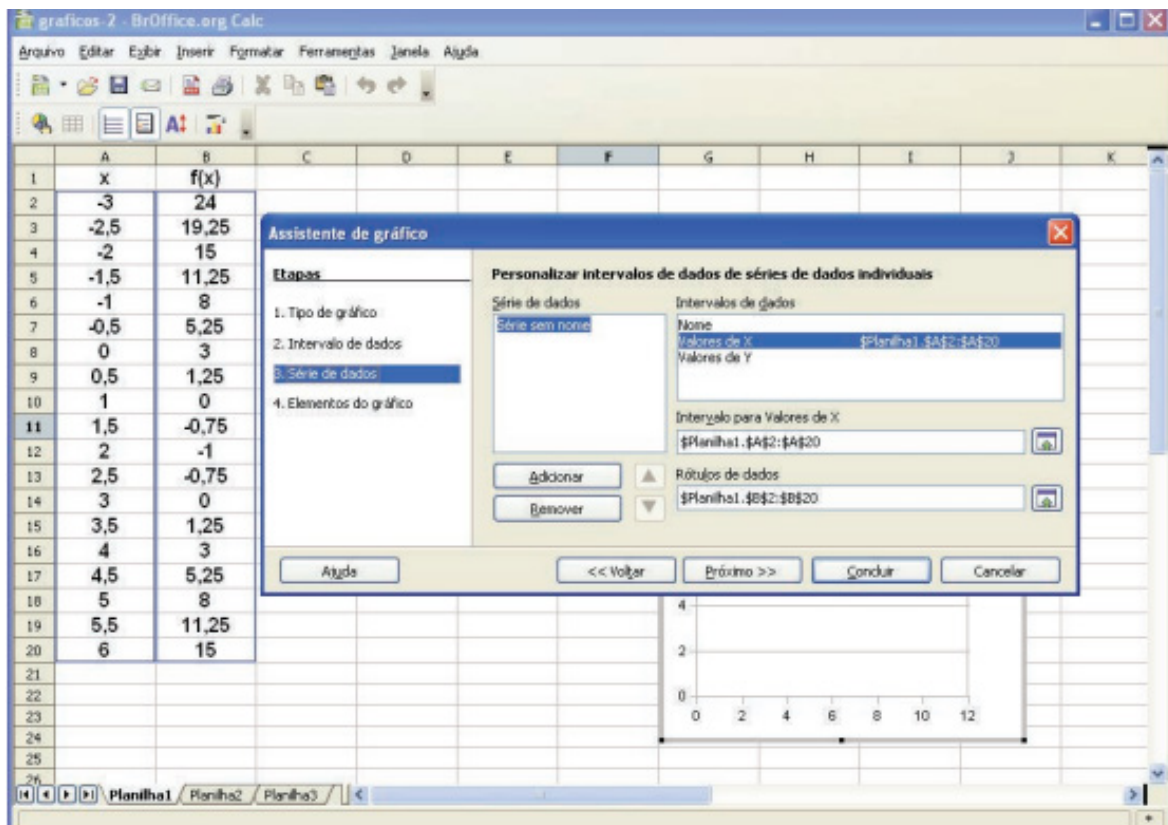


Figura 8 - Definições de valores para o sistema
 Fonte: Cruz (2013)

Planilha eletrônica, ou folha de cálculo como mostra a entrada de dados para controle e exibição de gráficos nos editores de texto conforme a Figura 9 (CRUZ, 2013).

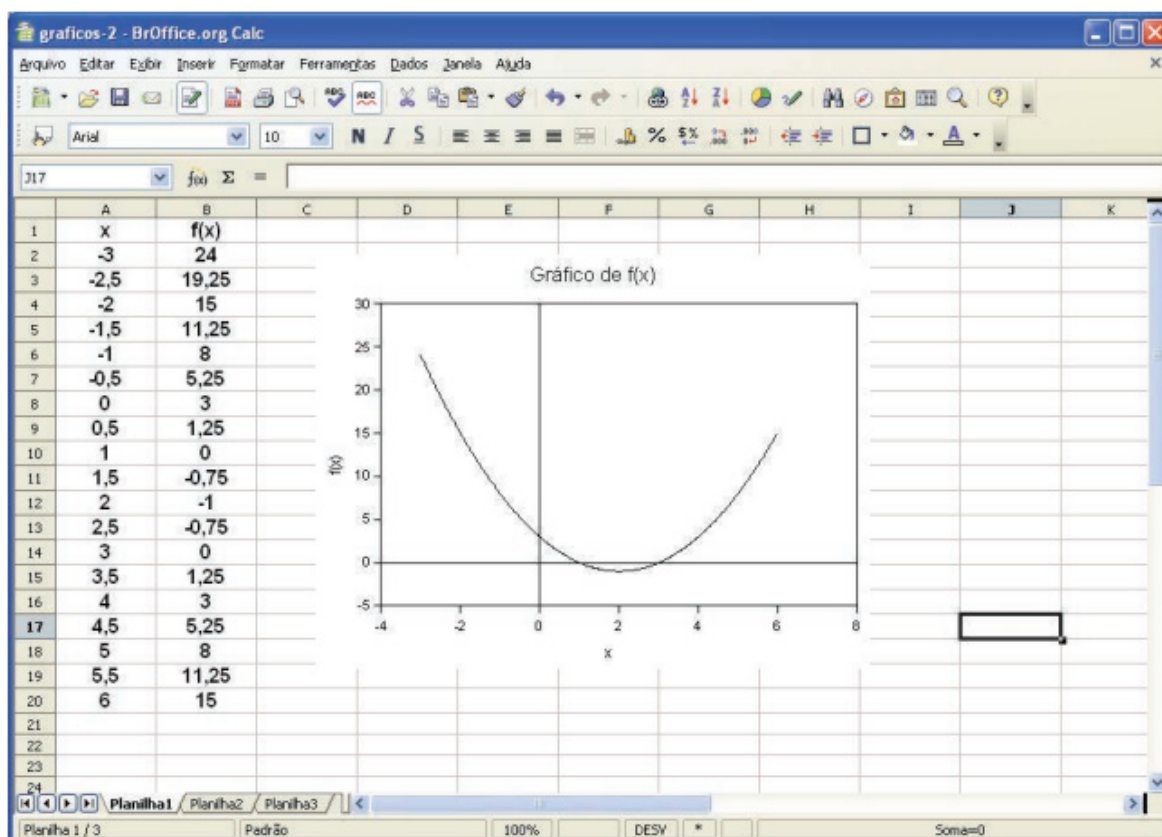


Figura 9- Gráfico do sistema
Fonte: Cruz (2013)

Como é visto o Broffice tem uma funcionalidade e uma aparência bem idêntica com o pacote completo da Microsoft atendendo para edições de texto e apresentação de gráficos a serem utilizados e interpretados nas soluções de problemas para engenharia. Diante disso, fica muito claro perceber que as pessoas estão cada vez mais ligadas aos recursos tecnológicos e faz com que ressaltem seus pontos positivos para indústria. O seu efeito é amplo e não há como regressar neste campo. A tendência é que o software livre, como as distribuições do Linux e os pacotes LibreOffice ou OpenOffice, sejam adotados cada vez mais (CRUZ, 2013).

4. CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS VANTAGENS DOS SOFTWARES EM ESTUDOS PARA MODELAGEM E OTIMIZAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Nesta área, os modelos são utilizados para análise de viabilidade econômica, técnica de projetos e suas vantagens em relação aos softwares pagos. Também prever os efeitos de variações em parâmetros de processo no aperfeiçoamento da unidade. Através da modelagem é possível realizar otimização com vantagens através de análises paramétrica e estruturais. Por fim, os modelos são utilizados para analisar as comparações juntos com interações do processo e a minimização de emissão de efluentes e descartes de resíduos industriais (CALLISTER, 2008).

A simulação e modelagem é largamente aplicada em controle de processos para estudos na área. Com ela, é possível melhorar o entendimento do procedimento com vantagens de ferramentas livres para examinar estratégias de controle regulatório, analisar mudanças ou perdas em setpoints dinâmicos sem ter que imprimir uma parada real na planta industrial, realizar controle otimizado para reatores bateladas, CSTR e PFR de operações com mais de um produto na mesma linha industrial. Por fim, é possível otimizar procedimentos de partida e paradas das unidades sem ter acréscimos de custos e ganho de tempo (PEREIRA et al., 2012).

As análises de aplicação do COCO, EMSO e BrOffice se apresentam bastante satisfatórias. Tais análises geraram resultados que serão fundamentais na simulação de reações de dimensionamentos de reatores, na produção de estireno(C₈H₈) e edições de gráficos e planilhas de controles que são conduzidas através dos estudos softwares livres. Esse estudo se apresenta bastante pertinente para o início de otimização de novos projetos em simulações que serão conduzidas via resultados obtidos (PEREIRA et al., 2012).

Como notado na Figura 10, a simulação da produção do estireno se mostrou eficiente e bem vista por meio dos resultados, já que o estireno sai do processo praticamente puro (99 % de pureza) da coluna de destilação. Com essas vantagens de visualização através do software COCO que imprime todos os valores do processo implementado no simulador, o usuário pode alterar as variáveis que almejar ao longo do processo e considerar suas mudanças pelo meio dos resultados que informam a entrada das correntes durante o processo e transcrever os dados obtidos para os editores de textos e elaborar os relatórios para as apresentações (LANDER; SANTOS; SILVA, 2016).

Stream	Água	Etilbenzeno	Água Residual	Gases Leves	Estireno	Tolueno	Unit
Pressure	3	3	5	1.815	6	6	bar
Temperature	445	409	400	350	501.8	406.9	K
Flow rate	600	40	532.7	81.79	9.356	47.09	kmol / h
Mole frac Benzene	0	0.04	1.097e-05	0.008539	9.476e-10	0.01902	
Mole frac Ethylbenzene	0	0.86	7.294e-07	0.00551	0.009992	0.06149	
Mole frac Styrene	0	0	2.449e-05	0.03489	0.99	0.3999	
Mole frac Toluene	0	0.1	4.754e-06	0.01186	7.57e-06	0.06428	
Mole frac Hydrogen	0	0	7.642e-06	0.3782	1.037e-21	0.000398	
Mole frac Water	1	0	1	0.561	2.652e-14	0.4549	

Figura 10. Informação sobre as correntes de fluxo no COCO
Fonte: Lander, Santos e Silva (2016)

Utilizando o simulador COCO foi possível arranjar a modelagem desejada do processo e com isso simular nas condições apuradas, significando possível alteração das variáveis e análise das qualidades operacionais visando a otimização do processo. Percebe-se o potencial do simulador COCO como ferramenta computacional para indústria e ensino acadêmico de engenharia química. O processo se torna satisfatório no software que possui o diferencial de ser gratuito e aberto. Com a simulação, pôde-se detectar várias características do sistema de configuração rápida e ótima precisão (BERTOLDI, 2012).

Uma das grandes vantagens do software COCO é quando é aplicado e deseja incluir uma nova operação unitária que não está disponível no software, pode-se fazer isto através de outros softwares gratuitos como Scilab, Matlab e Broffice. O COCO é capaz de se

comunicar com estes softwares, enviando e recebendo informações, utilizando para tanto o protocolo CAPE-OPEN (BERTOLDI, 2012).

Para a engenharia é primordial que existam programas capazes de simular processos, de modo a aumentar a eficiência dos mesmos, reduzir gastos e garantir um melhor aproveitamento dos recursos. É nesse contexto que entra o software COCO, que tem a vantagem de ser adaptado às necessidades de diferentes processos industriais. No entanto, esse software tem uma ferramenta amplamente difundida que são seus protocolos. O benefício do simulador COCO é que na simulação de etapas de processos em diferentes condições apresenta como um modelo no estado estacionário e as opções de introduzir novas operações unitárias (SATER, 2012).

O software de código aberto EMSO quando aplicado em um processo de dimensionamento de reatores e variação de reações se demonstrar ser uma ferramenta extremamente prática e satisfatória para a resolução de problemas de modelagem, já que resolve sem nenhuma dificuldade o sistema proposto, comprovando assim ser extremamente viável a sua aplicação em simulação em linhas de produção industrial e pesquisas (MOREIRA et al., 2011).

É plausível destacar também a facilidade da utilização do software EMSO, com uma interface agradável e dinâmica, o programa aprova ser uma ferramenta de simulação e modelagem poderosa, justificando ser uma excelente ferramenta acadêmica e para indústria (MOREIRA et al., 2011).

Com uma interface poderosa que mostra as características tanto em um modo texto como em uma interface gráfica o software EMSO tem se destacado junto aos softwares pagos, devido sua intuitividade em relação a necessidade do usuário frente as declarações de parâmetros e variáveis. Outras das características deste software é a acessibilidade aos modelos matemáticos desenvolvidos e a possibilidade de inserção de novos modelos ou aprimoramento daqueles já existentes. Além disso, é possível adicionar também plug-ins na forma de biblioteca dinâmicas (dll's), novos solvers e rotinas de otimização para realizar cálculos não usuais dentro da plataforma de simulação (SOARES, 2003).

Assim, para entender melhor os benefícios para a utilização dos softwares livres (COCO, EMSO e BrOffice) adotou-se uma forma de testar as plantas nos simuladores e encontrar a forma de funcionamento mais viável para a otimização da planta industrial.

Pereira (2012) aponta nos seus estudos as principais vantagens de utilizar os softwares livres, segundo o mesmo, assinala uma maior produtividade, geração de mais resultados em uma menor quantidade de tempo, melhor controle no que se refere ao volume da produção, estimando-a com mais precisão, e conseqüentemente fazendo com que o lucro, a quantidade e as melhorias que devem ser implementadas possam ser visualizadas de maneira mais concreta. Outra vantagem citada é a qualidade, como a maneira de realizar os processos é padronizada, a qualidade se mantém constante, desta maneira diminuindo a possibilidade de ter problemas. A segurança também é outra vantagem mencionada, pois os processos perigosos, que envolvem manipulação de produtos perigosos, a simulação dessas etapas preserva para não haver incidente. E por fim a inovação, criar ou modernizar um produto é o que traz destaque na indústria.



A última ferramenta a ser citada, que também é considerada de sucesso, é o BrOffice. Essa suíte para escritórios contempla editores de texto, planilhas, desenhos e banco de dados. Sua versão 3.3 se mostrou bastante efetiva e vem ganhando público a cada dia. Sua popularidade é boa dentro da engenharia, quando comparada a outros editores. Para explicar esta popularidade, podem-se apontar alguns fatos como a evolução alcançada pela plataforma, o tempo de estrada já alcançado, a portabilidade entre sistemas operacionais, dentre outros.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados vistos em estudos com a elaboração deste trabalho, é possível verificar enumeras características que esses simuladores de processos livres (COCO, EMSO e BrOffice) apresentam uma boa representatividade para os dados a ser declarados e estudados na unidade industrial. Pode-se destacar várias propriedades do sistema de forma rápida e com excelentes precisões e as possibilidades em se testar diversas condições operacionais dos equipamentos ou processo, além de permitir testes com o intuito de se chegar a melhor forma operacional.

Os processos simulados mostram a agilidade e praticidades que é um diferencial para resoluções de problemas com equações diferenciais de forma organizada, facilitando sua visualização e possíveis modificações que, se resolvida manualmente demanda tempo e chance ao erro, assim aumentado os custos para o processo. Nos estudos de simulação computacional os dados dos projetos favorecem testar diferentes condições de operação, facilitando a análise dos sistemas em estudos de forma simples e rápida. A forma de mostrar graficamente para o usuário declarar e obter resultados que passa a interpretar de forma mais clara e produtiva.

Todos os simuladores livres tem uma larga vantagem para a redução de custos dentro de uma planta química industrial e meios acadêmicos, devido seu valor para aquisição ser nulo e enquanto os outros softwares de formas privada, seu custo é bastante alto e as vezes inviável economicamente. Sendo assim os livre aparece como uma ferramenta alternativa de uso.

Referências

ALMEIDA, A. S. P. N. **Simulação de reatores de polimerização de estireno**: Modelagem cinética e termodinâmica. 2004. Dissertação (Mestrado. Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4171/000453364.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 abr. 2022.

AZEVEDO, A. P; PINTO, D. N; MICHELINI, L. M. **Softwares livres no ensino de engenharia**. Minas Gerais, 2011. Disponível em: <http://ueadsl.textolivre.pro.br/2011.1/papers/upload/48.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

BERTOLDI, Otavio José. **Investigação de estratégias de otimização de plantas virtuais usando os softwares COCO, Scilab e Excel**. Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Química, 2012. Disponível em: <https://simuladorcoco.wordpress.com/2013/08/14/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BRANCHIER, Henrique Scalcon. **Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais**. Universidade do Vale do Taquari Univate, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1924/1/2017HenriqueBranchier.pdf>. Acesso em: 11 de maio de 2022.

BROFFICE – **Broffice.org 3.0 Writer**. 2008. Disponível em: http://www.saude.am.gov.br/download/Manual_Broffice3_Writer.pdf. Acesso em 07 abr. 2022.

CALLISTER, Willam D. Jr. **Ciência e engenharia de materiais uma introdução**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

COCO – **Cape-Open to Cape-Open Simulation environment**. 2021. Disponível em: <http://www.cocosimulator.org/>. Acesso em: 09 abr. 2022.

COSTA, Edgar Alves. **BrOffice.org da teoria à prática**. Rio de Janeiro: Editora BRASPORT, 2007.

CRUZ, Antônio José Gonçalves. **Informática para Engenharia Ambiental**. São Paulo: Coleção UAB-UFSCar, 2013. Disponível em: http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/2790/1/EA_Antonio_InformaticaEA.pdf. Acesso em: 26 de abr de 2022.

DOMINGUES, M. O.; MENDES JUNIOR, O. **Introdução a Programas Físico-Matemáticos Livres**. 2003. Revista Brasileira de Ensino de Física, São José dos Campos-SP, v.25. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/C5rdjQjdn5Ty4pwbDV3ZFPx/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 22 abr. 2022.

DUARTE, A. P. S.; ORELLANA, M.H.B.; CAMPOS, R. P. O. **Uso do Software Livre Aplicado a Engenharia Química**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/2845/2804>. Acesso em: 21 abr. 2022.

FOGLER, H. S. **Elementos de engenharia das reações químicas**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

FRANCISQUETTI, M. C. C. **Modelagem, Simulação e Otimização de Processos Usando o Software EMSO (Environment for Modeling, Simulation and Optimization)**. Monografia – Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

GONÇALVES, Ricardo Vieira. Projeto auxiliado por computador de processos industriais sustentáveis usando os softwares COCO e Scilab. 2011. Dissertação (Mestrado. Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/am/123456789/15175/1/d.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

LANDER, Lucas L; SANTOS, Rejane B; SILVA, João L da. **Utilização de um software gratuito para modelagem e simulação de processos químicos**. Minas Gerais, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais 2016. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org>. Acesso em: 25 de abr de 2022.

LIMA, R. M.; NEIVA, L. F.; POUBEL, W. M. **Utilização do software de código aberto EMSO para oscilações de temperatura destinadas a análise de sua influência na taxa de reação de polimerização em suspensão de estireno**. Espirito Santo, 2015. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeqic2015/203-32800-264233.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2022.

LINO, Anderson Rodrigo de Andrade. Interpoladores multilíneares como metamodelos: Integração à simulação de biorrefinarias no ambiente EMSO. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/10213?show=full>. Acesso em: 27 de abr de 2022.

MOREIRA, Isadora de Souza. et al. **Modelagem e Simulação de um reator de produção**. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/37238?locale-attribute=en>. Acesso em: 27 abr. 2022.

PEREIRA, J. O. et al. Modelagem e simulação de reatores de polimerização em massa de estireno com iniciadores multifuncionais. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: file:///C:/Users/vande/Downloads/583_a4236_COBEQ2012TRABALHO-COMPLETOJuliana.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

RODRIGUES, R. et al. **Ensino de cinética e cálculo de reatores químicos utilizando o simulador EMSO**. Porto Alegre – RS, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/66812803-Ensino-de-cinetica-e>

-calculo-de-reatores-quimicos-utilizando-o-simulador-emso.html. Acesso em: 28 abr. 2022.

SATER, João Ricardo. **Simulação de processo utilizando o software COCO**. Maringá-PR, 2016. Disponível em: <http://www.eaic.uem.br/eaic2016/anais/artigos/1254.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

SCHULTZ, Guilhermina. *et al.* **Modelagem e simulação dos reatores químicos BR e PFR no EMSO e GNU OCTAVE**. Espírito Santo, Enciclopédia Biosfera, 2014. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2956>. Acesso em: 27 de abr de 2022.

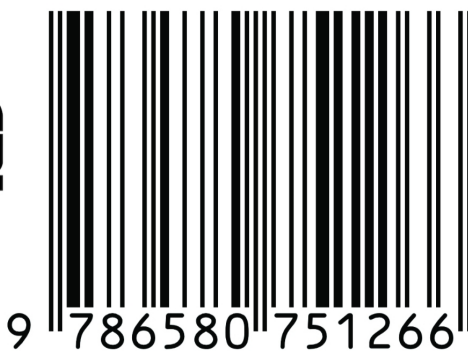
SILVA, Elaine de Matos; CUNHA, José Paulo Vilela. **SCILAB, SCICOS e RLTOOL: softwares livres no ensino de engenharia elétrica**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.lee.uerj.br/~elaine/501.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.

VICENTE, Paulo. **O uso de simulação como metodologia de pesquisa em ciências sociais**. EBAPE.BR, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/66crqWbBR78bm3fvvVdVDRR/?lang=pt#>. Acesso em: 15 de abr de 2022.

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, dentre outros.

ISBN: 978-65-80751-26-6

BR



9 786580 751266

