

Organizadores:

Thiago Santana de Oliveira  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes  
Carolina Gomes Araújo Garreto  
Ronaldo de Jesus Barros

# *Estudos em Engenharia & Inovação*

volume 8

Thiago Santana de Oliveira  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes  
Carolina Gomes Araújo Garreto  
Ronaldo de Jesus Barros  
(Organizadores)

# ESTUDOS EM ENGENHARIA & INOVAÇÃO

VOLUME 8

EDITORA PASCAL

2024

**Editor Chefe:** 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<sup>a</sup>. 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, Mirian Nunes de Carvalho Nunes, Carolina Gomes Araújo Garreto e Ronaldo de Jesus Barros (Org). São Luís - Editora Pascal, 2024.

420 f. : il.: (Estudos em engenharia e inovação; v. 8)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-6068-090-6

D.O.I.: 10.29327/5421754

1. Engenharia. 2. Tecnologia. 3. Inovação. 4. Miscelânea. I. Oliveira, Thiago Santana de. II. Nunes, Mirian Nunes de Carvalho. III. Garreto, Carolina Gomes Araújo. IV. Barros, Ronaldo de Jesus. V. Título.

CDU: 621.7::330.341.1

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

**2024**

# APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

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

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

Convido para essa atualização tecnológica!

**Eduardo Mendonça Pinheiro**

*Doutor em Agroecologia, especialista em Engenharia de Produção e professor da Universidade Estadual do Maranhão*

# 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 e produção. Ministra aulas desde 2005, sendo a experiência inicial no ensino médio e técnico. Atualmente, trabalha no ensino superior, onde possui experiência de 10 anos, e técnico, ocupando os cargos de docente e coordenador de curso. Responsável pela organização de eventos na instituição e gestão de documentação dos cursos que coordeno. Possui importantes publicações na área.

## **Mirian Nunes de Carvalho Nunes**

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

## **Carolina Gomes Araujo Garreto**

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

## **Ronaldo de Jesus Barros**

Possui formação técnica em Mecânica Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA (2012); Graduação em Engenharia Mecânica pela Faculdade Pitágoras de São Luís (2019); Especializações em Engenharia de Materiais (2021) e Docência do Ensino Superior (2021), ambas pela Universidade Norte do Paraná. Atualmente (2023), é professor no ensino superior de engenharia na Faculdade Anhanguera de São Luís e está cursando Mestrando em Engenharia Mecânica com ênfase em Processos de Fabricação Mecânica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão - IFMA.

# SUMÁRIO

## SEÇÃO: ENGENHARIA ELÉTRICA

### **CAPÍTULO 1 .....12**

#### **A IMPORTÂNCIA DA GERAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA**

*Woshington Umberto da Silva Santos*

*João Victor Miranda Costa*

*Nickolas Matheus de Sousa Lima*

### **CAPÍTULO 2.....20**

#### **INVERSOR DE FREQUÊNCIA E SUAS PRINCIPAIS VANTAGENS**

*Márcio Rodolfo Ribeiro da Silva*

*Mirian Nunes de Carvalho Nunes*

### **CAPÍTULO 3.....34**

#### **A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**

*Nickolas Matheus de Sousa Lima*

*João Victor Miranda Costa*

*Woshington Umberto da Silva Santos*

### **CAPÍTULO 4 .....42**

#### **A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL**

*Johnatan da Silva Serra*

*João Victor Couto de Aquino*

### **CAPÍTULO 5.....52**

#### **OS VEÍCULOS ELÉTRICOS: A IMPORTÂNCIA DA FUNCIONALIDADE E OS BENEFÍCIOS**

*João Victor Miranda Costa*

*Nickolas Matheus de Sousa Lima*

*Woshington Umberto da Silva Santos*

### **CAPÍTULO 6.....61**

#### **TRANSIÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA: A EXPLORAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE**

*Ana Karoline Pereira Passos*

*Mirian Nunes de Carvalho Nunes*

### **CAPÍTULO 7.....70**

#### **GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO SOBRE A IMPORTÂNCIA DO ARMAZENAMENTO**

*Valdemir Ferreira da Silva*



|                                                                                                              |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 8 .....</b>                                                                                      | <b>81</b>  |
| <b>O PODER DA ELETRICIDADES NAS RUAS: A ASCENSÃO DOS CARROS ELÉTRICOS</b>                                    |            |
| <i>Yuri Augusto Lopes Abreu</i>                                                                              |            |
| <i>Ronaldo de Jesus Barros</i>                                                                               |            |
| <b>CAPÍTULO 9.....</b>                                                                                       | <b>95</b>  |
| <b>A GERAÇÃO DE ENERGIA POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NO BRASIL E AS SUAS PERSPECTIVAS DE FUNCIONAMENTO</b>      |            |
| <i>Carla Manoela Marvão da Costa</i>                                                                         |            |
| <b>CAPÍTULO 10 .....</b>                                                                                     | <b>107</b> |
| <b>O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE ENERGÉTICA ALTERNATIVA</b>                                 |            |
| <i>Taiky Vilar Costa</i>                                                                                     |            |
| <i>Jéssica Zamaia</i>                                                                                        |            |
| <b>CAPÍTULO 11 .....</b>                                                                                     | <b>117</b> |
| <b>SMART GRID: O FUTURO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA</b>                                               |            |
| <b>Jorge Lucas Oliveira Santos</b>                                                                           |            |
| <b>CAPÍTULO 12 .....</b>                                                                                     | <b>129</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>                          |            |
| <i>Rodrigo Mesquita da Silva</i>                                                                             |            |
| <i>Anderson Silva</i>                                                                                        |            |
| <b>CAPÍTULO 13 .....</b>                                                                                     | <b>138</b> |
| <b>GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL</b>                                     |            |
| <i>Anderson Bruno Costa Viana</i>                                                                            |            |
| <b>CAPÍTULO 14.....</b>                                                                                      | <b>147</b> |
| <b>INTERNET BANDA LARGA: ACESSO À INTERNET BANDA LARGA EM ÁREA REMOTA VIA SATÉLITE, OPERANDO EM BANDA KA</b> |            |
| <i>Jucenildo Cruz Aguiar</i>                                                                                 |            |
| <i>Bruno Souza</i>                                                                                           |            |
| <b>CAPÍTULO 15 .....</b>                                                                                     | <b>159</b> |
| <b>EFEITOS AMBIENTAIS E EXPANSÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA</b>                         |            |
| <i>Werberth Cardoso Pinto</i>                                                                                |            |
| <i>Maria de Lourdes Ferreira Nunes</i>                                                                       |            |

|                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 16 .....</b>                                                                                    | <b>170</b> |
| <b>ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA ENERGIA DAS MARÉS NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE</b>                                 |            |
| <i>Iolanda Batista dos Santos</i>                                                                           |            |
| <i>Paulo José Pinto Souza</i>                                                                               |            |
| <b>CAPÍTULO 17 .....</b>                                                                                    | <b>179</b> |
| <b>ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: A IMPORTÂNCIA DESSA FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA PARA SOCIEDADE</b>          |            |
| <i>Lucas Correa Silva</i>                                                                                   |            |
| <b>CAPÍTULO 18 .....</b>                                                                                    | <b>188</b> |
| <b>O POTENCIAL DA ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO</b>                                                 |            |
| <i>Jorge Henrique da Rocha Filho</i>                                                                        |            |
| <i>Caroline Gomes Araujo Garreto</i>                                                                        |            |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i>                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 19 .....</b>                                                                                    | <b>200</b> |
| <b>ESTUDO SOBRE A CONTENÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM TRECHOS DE VAZÃO REDUZIDA EM USINAS HIDRELÉTRICAS</b> |            |
| <i>Leomir Rios de Abreu Filho</i>                                                                           |            |
| <b>CAPÍTULO 20 .....</b>                                                                                    | <b>211</b> |
| <b>A ENERGIA SOLAR: A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO AS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS</b>                   |            |
| <i>Leonardo de Sousa Martins</i>                                                                            |            |
| <i>Carolina Gomes Araújo Garreto</i>                                                                        |            |
| <b>SEÇÃO: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO</b>                                                                        |            |
| <b>CAPÍTULO 21 .....</b>                                                                                    | <b>222</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS TÉCNICAS EM SEGURANÇA DO TRABALHO PARA AS EMPRESAS</b>                          |            |
| <i>Hudson Charles Pereira Mafra</i>                                                                         |            |
| <b>CAPÍTULO 22 .....</b>                                                                                    | <b>233</b> |
| <b>GESTÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO (QVT)</b>                                                        |            |
| <i>Elineuda de Sousa de Lima</i>                                                                            |            |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i>                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 23 .....</b>                                                                                    | <b>244</b> |
| <b>AS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PROGRAMA 5S NAS INDÚSTRIAS</b>                            |            |
| <i>Nerlane Cristina do Nascimento Lemos</i>                                                                 |            |



|                                                                                                                            |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 24 .....</b>                                                                                                   | <b>255</b> |
| <b>GESTÃO DA INOVAÇÃO: SUA IMPORTÂNCIA PARA AS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS</b>                                              |            |
| <i>Karla Soares Sousa</i>                                                                                                  |            |
| <b>CAPÍTULO 25 .....</b>                                                                                                   | <b>264</b> |
| <b>APLICAÇÃO DO CONCEITO TOYOTA PRODUCTION SYSTEM À SEGURANÇA DO TRABALHO</b>                                              |            |
| <i>Diego Gomes das Chagas</i>                                                                                              |            |
| <b>CAPÍTULO 26 .....</b>                                                                                                   | <b>273</b> |
| <b>IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA PRODUÇÃO E OS IMPACTOS GERADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO</b>                                        |            |
| <i>Demétrius Lúcio dos Santos</i>                                                                                          |            |
| <b>CAPÍTULO 27 .....</b>                                                                                                   | <b>282</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO DENTRO DAS ORGANIZAÇÕES</b>                                              |            |
| <i>Anilson Pereira Neto</i>                                                                                                |            |
| <b>CAPÍTULO 28 .....</b>                                                                                                   | <b>291</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DA FERRAMENTA PDCA NO GERENCIAMENTO DE PROJETOS</b>                                                       |            |
| <i>Rômulo Bastos Ribeiro</i>                                                                                               |            |
| <b>CAPÍTULO 29 .....</b>                                                                                                   | <b>303</b> |
| <b>ESTUDO DA EFICÁCIA DO USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE TRABALHO NA INDÚSTRIA</b> |            |
| <i>Willy Pereira Teixeira</i>                                                                                              |            |
| <b>CAPÍTULO 30 .....</b>                                                                                                   | <b>311</b> |
| <b>TÉCNICAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO EM GRANDES ALTURAS: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DA NR 06 E DA NR 35</b>                   |            |
| <i>João Marcos Gomes Silva Cirolí</i>                                                                                      |            |
| <b>CAPÍTULO 31 .....</b>                                                                                                   | <b>322</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE PARA O DESENVOLVIMENTO DAS ORGANIZAÇÕES</b>                                        |            |
| <i>Karoline Lopes Sanches</i>                                                                                              |            |
| <b>CAPÍTULO 32 .....</b>                                                                                                   | <b>332</b> |
| <b>GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO: ESTUDO ESTRATÉGICO DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO APLICADOS NA AGRICULTURA FAMILIAR</b>           |            |
| <i>Sérgio Murilo Sousa Frazão Junior</i>                                                                                   |            |

|                                                                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>CAPÍTULO 33 .....</b>                                                                                                    | <b>344</b> |
| <b>GERENCIAMENTO DE PROJETO: UTILIZAÇÃO DA MATRIZ SWOT COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE PROJETO</b>                      |            |
| <i>Danillo Bernardo Filho</i>                                                                                               |            |
| <i>Danilo Pereira</i>                                                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 34 .....</b>                                                                                                    | <b>356</b> |
| <b>EQUIPES AUTOGERENCIÁVEIS: CONQUISTAS E DESAFIOS</b>                                                                      |            |
| <i>Bráulio da Silva Pires</i>                                                                                               |            |
| <i>Mirian Nunes de Carvalho Nunes</i>                                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 35 .....</b>                                                                                                    | <b>367</b> |
| <b>ANÁLISE SWOT NO PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO: UM ESTUDO ACERCA DESSA FERRAMENTA NAS EMPRESAS</b>                           |            |
| <i>Ana Karoline Silva de Oliveira</i>                                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 36 .....</b>                                                                                                    | <b>377</b> |
| <b>A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE CONTROLE DE ESTOQUE EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS</b>                                    |            |
| <i>Manuela Galana</i>                                                                                                       |            |
| <b>CAPÍTULO 37 .....</b>                                                                                                    | <b>385</b> |
| <b>GESTÃO DE RISCOS NO PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO</b>                                                     |            |
| <i>Rosidalva Amaral Pereira</i>                                                                                             |            |
| <i>Carolina Gomes Araújo Garreto</i>                                                                                        |            |
| <b>CAPÍTULO 38 .....</b>                                                                                                    | <b>395</b> |
| <b>ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ABORDAGEM ACERCA DA IMPORTÂNCIA DA UNIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE</b> |            |
| <i>Thercio Nunes de Castro</i>                                                                                              |            |
| <i>Felipe Santos</i>                                                                                                        |            |
| <b>CAPÍTULO 39 .....</b>                                                                                                    | <b>403</b> |
| <b>A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NA MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS: UMA REVISÃO DA LITERATURA</b>    |            |
| <i>Daniel Elvis Gonçalves Silva</i>                                                                                         |            |
| <b>CAPÍTULO 40 .....</b>                                                                                                    | <b>412</b> |
| <b>A ENERGIA SOLAR: A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO AS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS</b>                                   |            |
| <i>Rones Deives Rodrigues de Brito</i>                                                                                      |            |

# ENGENHARIA ELÉTRICA



# 1

## A IMPORTÂNCIA DA GERAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA THE IMPORTANCE OF WIND POWER GENERATION

Woshington Umberto da Silva Santos  
João Victor Miranda Costa  
Nickolas Matheus de Sousa Lima



## Resumo

A presente pesquisa buscou estudar sobre a importância da geração da energia eólica. Vivemos numa era altamente tecnológica em que o conforto e a comodidade estão diretamente relacionados com o consumo de energia. Esta transformação levou a questões e conceitos globais, dois dos quais a sustentabilidade é o mais considerado hoje em dia. Não são recursos infinitos e nunca foram. Isso que a natureza proporciona para nos recompor, nos conviver em aproveitar ao máximo possível por consumir o que possível. A energia eólica é obtida através do vento, que é movido por massas de ar, onde esses ventos contribuem para geração de energia elétrica. O objetivo geral buscou compreender a importância da produção de energia eólica para a sociedade. A metodologia utilizada será uma abordagem qualitativa descritiva, de tipo revisão de literatura. Esse tipo de metodologia possibilita a síntese de informações já existentes e as conclusões a partir do tema proposto. Para a elaboração do trabalho foi feita uma revisão de literatura, baseada em artigos, livros, relatos de experiência e monografias, publicados no Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras. Conclui-se que o uso da energia eólica é considerado como uma tendência mundial por ser uma das formas de fornecimento de energia que ocasiona menos impactos ao meio ambiente, não utilizando água no processo produtivo e nem gerando gases de efeito estufa.

**Palavras-chave:** Energia. Energias Renováveis. Energia Eólica. Fontes Renováveis. Sustentabilidade.

## Abstract

This research sought to study the importance of wind energy generation. We live in a highly technological era in which comfort and convenience are directly related to energy consumption. This transformation has led to global issues and concepts, two of which sustainability are most considered today. They are not infinite resources and never have been. This is what nature provides to restore us, to help us make the most of what we can by consuming what we can. Wind energy is obtained through wind, which is moved by air masses, where these winds contribute to the generation of electrical energy. The general objective sought to understand the importance of wind energy production for society. The methodology used will be a descriptive qualitative approach, of the literature review type. This type of methodology makes it possible to synthesize existing information and draw conclusions based on the proposed topic. To prepare the work, a literature review was carried out, based on articles, books, experience reports and monographs, published in Google Scholar, *Scielo*, *Lilacs* and database of theses and dissertations from Brazilian universities. It is concluded that the use of wind energy is considered a global trend as it is one of the forms of energy supply that causes less impact on the environment, not using water in the production process and not generating greenhouse gases.

**Keywords:** Energy. Renewable energy. Wind Energy. Renewable sources. Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia contida nas massas de ar na atmosfera, ou a energia cinética contida no movimento dos ventos, é conhecida como energia eólica. Com base na hipótese de que cerca de 2% da energia solar que a Terra absorve é convertida em energia eólica, pode-se estimar a quantidade total de energia disponível a partir dos ventos do planeta. Embora possa parecer pequeno, esse percentual equivale a 100 vezes a potência anual instalada nos centros elétricos do mundo.

O uso dessa energia para tarefas não mecânicas, como propulsão de navios no mar, rotação molecular, bombardeio de água ou lavagem de grãos, é muito antigo. Ao contrário, seu uso para obtenção de energia elétrica é bem mais recente, com relatos de pesquisas que datam do século 19, mas se solidificou apenas em 1970, quando se tornou necessário devido à crise do petróleo.

A falta de um entendimento mais aprofundado sobre os efeitos das diversas fontes de energia, principalmente as não renováveis, sobre o meio ambiente gerou um problema mundial e torna necessário o entendimento completo de como utilizar todas as fontes de geração de energia. No entanto, o foco em fontes de energia renováveis é cada vez maior devido à crise ambiental que precisa ser controlada. A situação ideal seria usar uma fonte de energia ininterrupta e com impacto ambiental mínimo, a fim de evitar os danos ambientais resultantes do uso de fontes de energia que poluem a atmosfera. A eletricidade é gerada por meio de geradores que utilizam energia eólica, o que se aproxima do modelo renovável ideal.

Apesar de a geração de energia solar ser um tema antigo no meio literário e científico, o interesse pela sua aplicação é relativamente novo, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Portanto, todas as informações relacionadas ao assunto são extremamente importantes na situação atual. Surge assim uma problemática a ser analisada: Quais as vantagens da utilização da energia eólica?

O objetivo geral buscou compreender a importância da produção de energia eólica para a sociedade. Já os objetivos específicos buscaram: estudar as principais características da energia eólica, definir os tipos classificação dos sistemas eólicos e abordar o potencial eólico brasileiro.

A metodologia utilizada será uma abordagem qualitativa descritiva, de tipo revisão de literatura. Esse tipo de metodologia possibilita a síntese de informações já existentes e as conclusões a partir do tema proposto. Para a elaboração do trabalho foi feita uma revisão de literatura, baseada em artigos, livros, relatos de experiência e monografias, publicados no Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras.

Na pesquisa será realizada a leitura analítica de forma que as teorias levantadas conduzam a obtenção da resposta ao problema de pesquisa apresentado. O período utilizado para busca compreenderá os últimos 10 anos. Além disso, foram consultados livros de renomados autores que abordam sobre a energia eólica, como Marros (2022), Silva (2014), Lima (2017), entre outros, a fim de enriquecer e fundamentar a análise. Foram utilizadas as palavras-chave: Energia, Energias Renováveis, Energia Eólica, Fontes Renováveis e Sustentabilidade.



## 2. ENERGIA EÓLICA

Devido ao aumento global do uso de energia e à poluição que isso causou, o atual paradigma energético foi recentemente questionado. Diante disso, busca-se um modelo de energia que seja mais limpo e renovável, mas que ainda permita energia suficiente. Neste cenário, a energia renovável é demonstrada. As fontes primárias de energia usadas hoje para a produção de energia elétrica são de fontes fósseis e não renováveis, incluindo petróleo, carvão mineral e gás natural (SILVEIRA, 2013).

Nossa sociedade enfrenta muitos desafios em termos de sustentabilidade, e uma área que tem chamado mais atenção nesse sentido é o setor de energia, pelo fato de estar consumindo cada vez mais. Assim, deve haver a preocupação com a renovação desses recursos para que esse ritmo seja seguido. Nesse sentido, os países devem se preparar construindo infraestrutura energeticamente eficiente, adequada às suas necessidades e aos recursos disponíveis (ALMEIDA *et al.*, 2017). As ameaças à geração de energia estão crescendo no Brasil como resultado da forte dependência do país da energia hidrelétrica. Estas atingiram níveis críticos devido ao uso excessivo da hidráulica, o que levou à adoção de estratégias de resposta a emergências.

A falta de recursos no futuro representa um risco significativo para a humanidade, levando-a a buscar novas formas de produzir energia limpa. Isso mudou a forma como as pessoas vivem a vida na Terra. Fruto da industrialização e exploração descuidada dos recursos naturais, as energias renováveis surgiram como uma alternativa para suprir as necessidades energéticas de todas as cidades (AZEVEDO, 2014).

Dessa forma, a energia é um componente necessário da infraestrutura para o desenvolvimento econômico do país, bem como para a inclusão social, seja em nível nacional, regional ou mesmo local. Como resultado do aumento do consumo de energia e dos efeitos ambientais e sociais negativos causados pelas fontes convencionais de energia, governos e empresas estão investindo cada vez mais em fontes alternativas de energia, com a energia solar liderando o grupo (SILVEIRA, 2013).

O desenvolvimento da aviação e a crise do petróleo na década de 1970 alimentaram a produção em larga escala de energia solar. Desta forma, em decorrência da industrialização e exploração excessiva dos recursos naturais, o homem buscou alternativas para produzir energia limpa, assim surgiram os aerogeradores como uma opção limpa para produção de energia (PENHA, 2018).

Com isso, o Brasil percebeu que precisava avançar nessa área para buscar alternativas, pois a matriz energética brasileira dava sinais de esgotamento. Então, em 26 de abril de 2002, foi aprovada a Lei nº 10.438, que criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) com o objetivo de aumentar a participação na energia elétrica produzida por empresas pertencentes e operadas por empresas independentes e autônomas produtores no Brasil (ALMEIDA *et al.*, 2017).

O objetivo desse programa é tornar-se uma ferramenta para o desenvolvimento nacional sustentável, com foco na promoção social e na preservação do meio ambiente, além da confiabilidade e segurança no fornecimento de energia elétrica. Alguns benefícios socioeconômicos acompanham a expansão dessas fontes renováveis de energia. Estes incluem a inovação tecnológica, o desenvolvimento industrial, a geração distribuída, o acesso universal à energia e, em particular, o desenvolvimento regional e local, especialmente nas áreas rurais, e a criação de empregos (DELAZZERI, 2020).

Portanto, a energia solar tem potencial para apoiar o desenvolvimento regional por meio da geração de empregos locais, além do fato de que as atividades de construção têm



um potencial significativo para gerar empregos temporários para as comunidades onde os parques serão localizados (GOMES, 2016).

O movimento do ar, que se manifesta como vento, é uma fonte de energia eólica copiosa, limpa e universalmente acessível. Essa engenharia, que foi usada pela primeira vez pelos persas no século V, envolve o uso do vento para impulsionar uma bomba aquosa sugadora de água em direção a um reservatório antes de ser usada para irrigar plantas aproveitando a força da gravidade (SILVEIRA, 2013).

É o moinho se vento cujo mecanismo fundamental não sofreu alterações significativas ao longo do tempo. Por volta do virar do século XI, durante as Cruzadas, os moinhos eólicos espalharam-se por toda a Europa. Frequentemente usados na Holanda para criar áreas de plantação por meio da dragagem de terrenos inclinados, seu uso chegou ao fim durante a Revolução Industrial no século XIX, quando foram substituídos por máquinas a vapor (JÚNIOR, 2017).

Além de seus usos tradicionais para processamento de grãos e bombeamento de água, a usina converte energia cinética via aerogeradores (aerogeradores) para fornecer energia elétrica aos centros metropolitanos. A energia disponível varia com o clima e a hora do dia. As emissões afetam a distribuição, frequência e velocidade do vento em um determinado local, dependendo das características de desempenho do sistema de conversão, altura operacional e distância horizontal. Um passo básico e inicial na análise da utilização dos recursos eólicos é a avaliação do potencial eólico da área (MATAVELLI, 2013).

O aproveitamento da força do vento envolve a conversão de energia elétrica por meio da rotação das pás de uma turbina elétrica em um sistema formado por várias partes. Um melhor retorno final é previsto pela avaliação dos fatores ambientais, incluindo localização e destino. Para ter uma compreensão abrangente de como a energia eólica é convertida em eletricidade, devemos levar em consideração os seguintes fatores principais: Turbina, Gerador, Multiplicador Caisse, Sistemas de Controle e Torre (MORO, 2013).

Com isso, o rápido crescimento da energia solar no Brasil pode trazer diversos benefícios regionais e auxiliar no desenvolvimento sustentável do país, principalmente em áreas com baixo desenvolvimento econômico, como é o caso do interior do Rio Grande do Norte. A implantação de parques solares em conjunto com políticas efetivas de gestão e desenvolvimento dos recursos regionais pode trazer uma contribuição significativa para o desenvolvimento das comunidades locais, principalmente no interior do estado (SILVEIRA, 2013).

O uso da energia solar para gerar eletricidade começou no século 19, mas não foi até o século 20 que o financiamento para pesquisas levou a um avanço constante no uso da força inerente do vento para gerar eletricidade. As turbinas de energia limpa têm altas estimativas de crescimento, e segundo Penha (2018, p. 71), a energia elétrica é uma das energias que mais cresce, com capacidade instalada aumentando em média 30% a cada ano desde 1992. O uso de tecnologias de energia renovável está em ascensão e representa a maior parte da geração de energia nos últimos anos.

Desde a Segunda Guerra Mundial, houve uma revolução tecnológica no desenvolvimento de parques solares. A Crise do Petróleo e a consequente disseminação de inovações tecnológicas tornaram o desenvolvimento de parques solares financeiramente viável para os investidores (MONTANGER, 2021). Segundo Almeida (2017), a instalação dos parques solares ocorreu “primeiro em alguns países da Europa e Estados Unidos, durante o final dos anos 1980 e toda a década de 1990, e depois no Brasil, a partir dos anos 2000.”

É crucial sublinhar que um método de produção de energia solar deve permitir o



desenvolvimento da sociedade para fornecer a eficiência necessária a longo prazo. Isso é verdade do ponto de vista econômico, ambiental e social. Seguindo essa linha de pensamento, Delazzeri (2020) apresentam o seguinte argumento: Fornecer os serviços de energia necessários para manter o crescimento econômico e, por outro lado, evitar uma situação em que a falta de acesso a esses serviços restrinja o crescimento e o desenvolvimento, é um objetivo programático fundamental para todas as nações.

No entanto, Júnior (2017) afirma que “a instalação de parques solares no árido norte é fruto de necessidades fora destes locais. A existência de elevados potenciais eólicos e a complementaridade existente entre a fonte hídrica e a eólica como duas das principais características geográficas que explicam a chegada dos parques eólicos no semiárido norte.

Diante dessa contundente visão, o governo brasileiro decidiu incentivar a construção de parques solares por lá, implementando o programa PROINFA, que incentiva o uso de fontes alternativas de energia. Ao discutir as vantagens da energia solar, aponta para a ocupação de pequenos espaços físicos, a interrupção das atividades agrícolas e pesqueiras locais e a redução das emissões de poluentes em comparação com outras fontes de energia. Como resultado, observa que “apesar do objetivo declarado do PROINFA de incentivar o desenvolvimento de diversas fontes, ele foi fundamental para a expansão do fornecimento de energia elétrica do país”. Como consequência, a implantação de parques solares na região nordeste é resultado direto da existência de alto potencial solar nessa região (GOMES, 2016).

No final do século XIX, foram feitas as primeiras tentativas de geração de eletricidade a partir da energia eólica. No entanto, só um século mais tarde, durante o boom internacional do petróleo da década de 1970, é que houve interesse e financiamento suficientes para colocar os dispositivos em uso comercial generalizado (LOPES, 2013).

O ano de 2018 caracterizou-se principalmente por uma nova dinâmica: enquanto os mercados energéticos europeus estavam em declínio, com a maioria dos países europeus, como Alemanha, Espanha, França e Itália, a apresentarem um ritmo de desenvolvimento lento, observou-se que muitos outros mercados asiáticos e africanos, incluindo a China, a Índia e o Brasil, registavam um crescimento robusto. O maior mercado de energia solar, a China, instalou 21 Gigawatts adicionais de capacidade e tornou-se o primeiro país com mais de 200 Gigawatts de capacidade instalada de energia solar (SOUZA; PEREIRA, 2018).

Após um ano de relativa estagnação, o país retomou a sua trajetória ascendente após a instalação de 19 Gigawatts de centrais elétricas relativamente modestas. Com uma capacidade acumulada de 217 Gigawatts de energia solar, o gigante país asiático mantém a sua posição indiscutível como líder mundial neste campo (WWEA, 2019). Graças aos avanços tecnológicos motivados principalmente por preocupações ambientais, a capacidade de geração do parque solar global aumentou significativamente. 601 parques solares com capacidade instalada combinada de 15 GW e 7 milhões de aerogeradores estão agora em operação no Brasil (PENHA, 2018).

Por conta do processo de modernização e expansão do sistema elétrico, máquinas estão sendo projetadas para manter a geração de energia elétrica com elevados níveis de confiabilidade e disponibilidade (ANEEL, 2008). A busca por fontes alternativas de energia permite a diversificação da matriz energética do Brasil, independentemente de a fonte ser primária, térmica, solar, marinha, biomassa ou eólica, sendo que esta última cresce significativamente em todo o globo (MONTANGER, 2021). A produção de energia solar no Brasil está atualmente expandindo todo o seu potencial, especialmente no norte do país, onde a maioria dos investimentos está sendo feita. A inserção massiva dessas máquinas no sistema resulta em alguns fenômenos indesejáveis, como a baixa sustentabilidade dos

aerogeradores contra fundações tensionadas.

A fim de garantir a confiabilidade do sistema em situações críticas de operação, o ONS (Operador Nacional do Sistema) elaborou o sub-módulo 3.6, com a última revisão em 2019, denominado “Requisitos técnicos mínimos para a conexão às instalações de transmissão”. Este sub-módulo estabelece algumas diretrizes sobre o comportamento das unidades de geração durante quedas de tensão, causadas por curto-circuito ou sobrecargas (DELAZZERI, 2020).

Embora o sistema opere seguramente em regimes críticos de operação, o controle de parâmetros e suporte são elementos fundamentais na nova perspectiva da energia elétrica. Assim, como o conversor estático back-to-back e circuitos de proteção, as máquinas de indução duplamente alimentadas podem contribuir para a melhoria da qualidade de energia frente aos fundamentos momentâneos de tensão (LOPES, 2013). É fundamental analisar o comportamento da máquina em relação a algumas características inesperadas do processo de geração de energia através de aerogeradores, tais como exaustão ou falta de vento, falhas de tensão causadas por curtos-circuitos na rede e instabilidade de tensão. Muitas topologias estão sendo usadas em usinas eólicas, incluindo um rotor de indução gerador em gaiola, um rotor de indução duplamente alimentado, um gerador síncrono e ímã permanente e um rotor bobinado síncrono.

### 3. CONCLUSÃO

A maioria dos países do mundo utiliza o modelo energético com base no consumo de combustíveis fósseis, sendo eles o petróleo, o gás natural e o carvão. A grande problemática desse modelo é que esses recursos não são renováveis e podem gerar diversos danos ambientais, como a poluição atmosférica que gera o efeito estufa. Dentro desse contexto o consumo de combustíveis fósseis para a geração de energia gera diversos danos à qualidade ambiental.

Logo o uso da energia eólica se mostrou necessário sendo ela uma fonte de energia alternativa que é nociva à vida do ser humano em grande escala, sendo limpa, pura e inesgotável. Os impactos que a mesma pode gerar ao meio ambiente são bem menores se comparados às demais fontes de energia. Por conta dessa demanda de energia no mundo o consumo mundial está com níveis altíssimos o que gera um impacto pesado para o sistema energético do futuro.

Com base nessa compressão presente pesquisa buscou estudar as vantagens que a energia eólica possui, sendo ela com um baixo custo de manutenção. O custo operacional desse tipo de energia ganhou destaque nos últimos anos por apresentar um melhor retorno financeiro. Na atual perspectiva o crescimento eólico passou a ser cada vez mais dentro do contexto energético global, que apresenta as diversas fontes de energia.

Portanto, para ser empregada, é necessário converter uma energia cinética de tração para energia cinética de rotação. A energia eólica é uma energia cinética contida em uma massa de ar em movimento. Dependendo da aplicação, esse tipo de conversão de energia ocorre em turbinas eólicas para produção de energia mecânica ou elétrica. É um método de geração elétrica que se diferencia das fontes convencionais por fatores significativos, como as propriedades estocásticas da fonte de energia, no caso do vento. O progresso constante da tecnologia empregada nas turbinas eólicas tem como objetivo aumentar a eficiência no processo de conversão eletromecânica de energia.

Conclui-se que o objetivo do trabalho atual é ilustrar a relevância da energia eólica



como fonte de energia. O desenvolvimento e diversificação da matriz energética são possibilitados pela pesquisa por fontes alternativas de energia, seja ela térmica, solar, marés, biomassa ou eólica, que é a fonte mais popular ao redor do planeta.

## Referências

- ALMEIDA, A. T. et. al. Análise de Viabilidade para Implantação do Sistema de Energia Solar Residencial. e-xacta, Belo Horizonte, v. 3, pág. 117-136, 2017. Disponível em: [www.unibh.br/revistas/exacta/](http://www.unibh.br/revistas/exacta/). Acesso em: 05 setembro. 2023
- AZEVEDO, Francisco Fransualdo de. Desenvolvimento regional e potencial turístico no Seridó Potiguar. Natal: **EDUFRN**, p. 69-105, 2014.
- DELAZZERI, K.A. **Máquina de vetores de suporte e técnicas estatísticas para previsão e classificação de falha de turbinas eólicas**. 2020. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2020.
- GOMES, F. da S. V. **Modelos de series temporais para previsão de nível de líquidos em cadinho de altos-fornos**. Dissertação (Doutorado) – Universidade Federal do Espírito Santo. 2016.
- JÚNIOR, F. E. de A. M. **Avaliação das condições de operação das pás de uma turbina eólica em escala: aplicação da dfa combinada com técnicas de reconhecimento de padrões dos sinais de vibração**. 2017. 95 p. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2017.
- LOPES, J.J.L.S. **A Gestão Ambiental e a sustentabilidade no setor da energia**. 2013. 85p. Dissertação Bacharelado em Administração. Faculdade de Administração de Fortaleza. Centro de Ensino Superior do Ceará. Fortaleza. 2013. Disponível em: [http://arquivos.eadadm.ufsc.br/EaDADM/UAB\\_2011\\_1/Modulo\\_6/Gestao\\_Ambiental\\_Sustentabilidade/material\\_didatico/gestao\\_ambiental\\_e\\_sustentabilidade%20ed%20Final%20Grafica.pdf](http://arquivos.eadadm.ufsc.br/EaDADM/UAB_2011_1/Modulo_6/Gestao_Ambiental_Sustentabilidade/material_didatico/gestao_ambiental_e_sustentabilidade%20ed%20Final%20Grafica.pdf). Acesso em: 20 out. 2023.
- MATAVELLI, A. C. **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. 2013. 34f. Monografia (Engenheiro Químico) -Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, SP, 2013.
- MORO, Marcia. Índice de desempenho municipal: aplicação de um modelo metodológico para os municípios de Santa Catarina. 2013. 150 f. Dissertação (Mestrado). Curso de Desenvolvimento Regional, Universidade do Contestado, Santa Catarina, 2013. Disponível em: [http://www.unc.br/mestrado/editais/dissertacao\\_marcia\\_final.pdf](http://www.unc.br/mestrado/editais/dissertacao_marcia_final.pdf). Acesso em: 10 set. 2023.
- MONTANGER, P.O. **Deteção automática de exoplanetas por meio de algoritmos de aprendizado de máquina baseados em séries temporais**. 2021. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Física) – Universidade Federal da Integração LatinoAmericana, Foz do Iguaçu, PR, 2021.
- PENHA, D. de P. **Rede neural convolucional aplicada à identificação de equipamentos residenciais para sistemas de monitoramento não-intrusivo de carga**. 71 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2018.
- SILVEIRA, Fabricio Valdir da. **Impacto dos impostos no preço final de energia elétrica em Santa Catarina**. Florianópolis: Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) - Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2013. Disponível em: <http://cnm.ufsc.br/files/2013/09/Monografia-do-Fabricio-da-Silveira.pdf> . Acesso em: 08 set. 2023.
- SOUZA, A. L. S. R. PEREIRA, G. P. S. **Projeto de Concepção de Unidade de Geração Eólica de Pequeno Porte**. 2018. 105 f. Bacharel em Engenharia mecânica. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – cefet/rj. Rios de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://www.cefet-rj.br/attachments/article/2943/Projeto.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.



# 2

## INVERSOR DE FREQUÊNCIA E SUAS PRINCIPAIS VANTAGENS FREQUENCY INVERTER AND ITS MAIN ADVANTAGES

Márcio Rodolfo Ribeiro da Silva  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes



## Resumo

O inversor de frequência é fundamental na indústria de engenharia elétrica, atuando como componente vital no controle de motores elétricos. Sua habilidade de variar a frequência e a tensão otimiza a eficiência e controle, uma necessidade crescente com a expansão da automação. A pesquisa foca na análise do funcionamento, aplicações e benefícios dos inversores de frequência, incluindo a descrição de seu princípio de operação, identificação de usos em diversos setores industriais e avaliação de suas vantagens em eficiência energética e redução de custos. O estudo também contempla possíveis desafios na implementação dos inversores. A metodologia, realizada entre junho e setembro de 2023, focou em trabalhos científicos com até 5 anos de publicação, consultando “ScienceDirect”, “Google Scholar” e “SpringerLink” usando palavras-chave como “inversor de frequência”, “eficiência energética” e “otimização de sistema”. Seguindo as abordagens qualitativa e descritiva de Gil (2008) e Lakatos (1991), a revisão bibliográfica permitiu uma análise interpretativa e reflexiva, identificando lacunas no conhecimento atual. Apenas artigos recentes foram incluídos, com exceção para livros. Conclui-se que a compreensão dos inversores de frequência é vital para o desenvolvimento de soluções mais eficientes na engenharia elétrica.

**Palavras-chave:** Inversor de frequência. Engenharia Elétrica. eficiência energética.

## Abstract

The frequency inverter is essential in the electrical engineering industry, acting as a vital component in the control of electric motors. Its ability to vary frequency and voltage optimizes efficiency and control, a growing need with the expansion of automation. The research focuses on the analysis of the functioning, applications and benefits of frequency inverters, including the description of their operating principle, identification of uses in various industrial sectors and evaluation of their advantages in energy efficiency and cost reduction. The study also considers possible challenges in the implementation of inverters. The methodology, carried out between June and September 2023, focused on scientific papers with up to 5 years of publication, consulting “ScienceDirect”, “Google Scholar” and “SpringerLink” using keywords such as “frequency inverter”, “energy efficiency” and “system optimization”. Following the qualitative and descriptive approaches of Gil (2008) and Lakatos (1991), the bibliographic review allowed an interpretative and reflective analysis, identifying gaps in current knowledge. Only recent articles were included, with the exception of books. It is concluded that understanding frequency inverters is vital for the development of more efficient solutions in electrical engineering.

**Keywords:** Frequency inverter. Electrical engineering. Energy efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

O inversor de frequência desempenha um papel vital na moderna indústria de engenharia elétrica, sendo um componente crucial no controle e operação de motores elétricos. Com a capacidade de variar a frequência e a tensão fornecidas a um motor, otimiza-se a eficiência e o controle do sistema. A relevância do inversor de frequência torna-se cada vez mais evidente com o crescimento contínuo da automação e da necessidade de processos eficientes em energia.

A necessidade de um controle preciso dos motores elétricos e a demanda por eficiência energética são cruciais em várias aplicações industriais e comerciais. Portanto, o estudo dos inversores de frequência e suas principais vantagens é vital para melhorar a compreensão dos sistemas elétricos e proporcionar soluções mais eficientes.

Desta forma a pergunta-problema deste estudo pode ser definida assim: Como os inversores de frequência influenciam o controle e a eficiência dos motores elétricos em diversas aplicações industriais e comerciais, e quais são as principais vantagens, limitações e desafios associados ao seu uso na engenharia elétrica contemporânea?"

O objetivo geral desta pesquisa é analisar o funcionamento, as aplicações e as vantagens dos inversores de frequência na engenharia elétrica, fornecendo uma visão abrangente e atualizada do tema. Os objetivos específicos incluem descrever o princípio de funcionamento e os componentes dos inversores de frequência; identificar as principais aplicações dos inversores de frequência em diferentes setores industriais; avaliar as vantagens dos inversores de frequência em termos de eficiência energética, controle de processos e redução de custos; e explorar as possíveis limitações e desafios na implementação e uso de inversores de frequência.

Esta pesquisa é uma revisão de literatura abrangente, que envolve o exame de artigos, teses, dissertações e livros científicos relacionados ao tema. A abordagem foca na análise crítica e síntese de estudos anteriores, identificando tendências, semelhanças e diferenças nas várias fontes examinadas, com o objetivo de apresentar uma visão holística e atualizada do tema, facilitando o entendimento das principais vantagens e aplicações dos inversores de frequência no campo da engenharia elétrica.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Definição e princípios básicos

Os inversores de frequência são dispositivos eletrônicos usados para controlar a velocidade de motores de indução trifásicos (MIT) ajustando a frequência e a tensão. Eles atuam como controladores que variam a frequência da tensão de alimentação do motor, permitindo uma operação mais eficiente e flexível (CAMPANA *et al.*, 2000).

A utilização de inversores contribui para a economia de energia em diferentes setores, como irrigação e indústria. Ao fornecer controle preciso da velocidade do motor, eles reduzem o desperdício de energia, principalmente em sistemas que requerem variações constantes de carga e velocidade (SOUSA *et al.*, 2019).

Uma vantagem significativa dos inversores de frequência é a possibilidade de iniciar motores de indução de maneira suave, reduzindo picos de corrente. Isso protege tanto o motor quanto a rede elétrica, minimizando as tensões mecânicas no sistema (CAMPANA



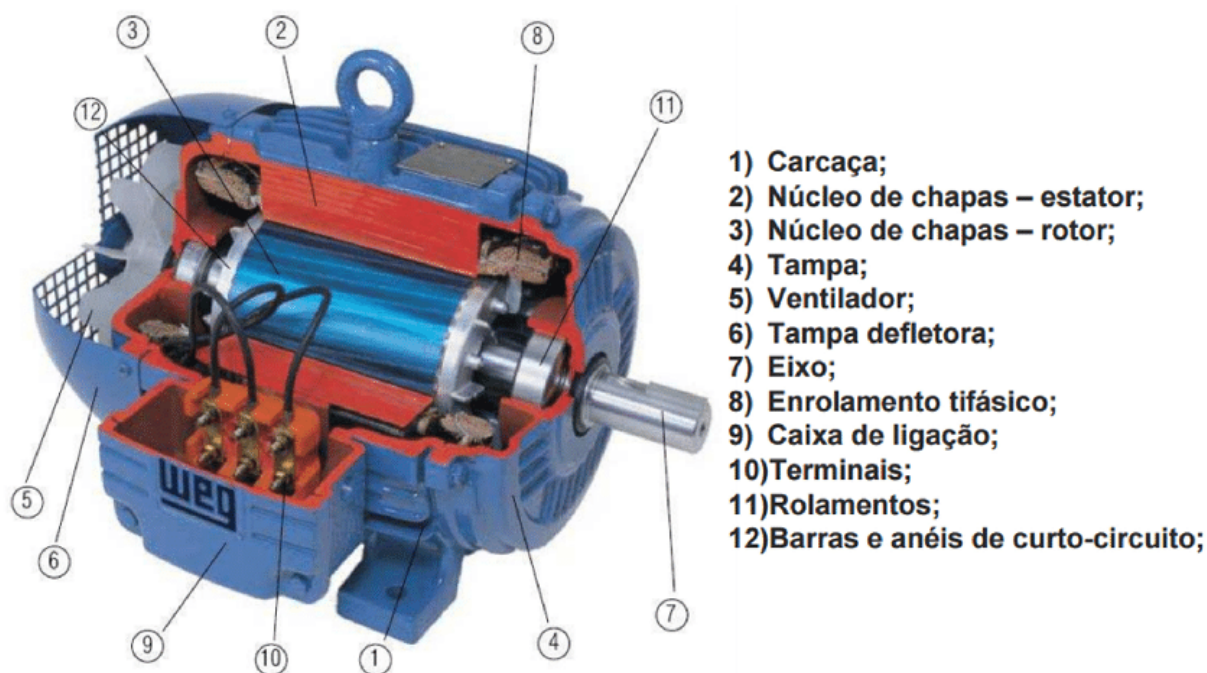
et al., 2000).

A eficiência energética proporcionada pelos inversores de frequência pode levar a economias substanciais em custos operacionais. Eles são particularmente úteis em aplicações onde o motor opera abaixo da capacidade total por longos períodos, permitindo ajustes contínuos para atender às necessidades da carga (SOUSA et al., 2019).

Além da eficiência, os inversores de frequência permitem o controle preciso da velocidade do motor, o que é vital para processos que requerem um controle rigoroso das condições operacionais. Isso resulta em uma produção mais estável e de maior qualidade em diversos setores industriais (CAMPANA et al., 2000).

A figura 1 aponta as partes de um motor de indução trifásico:

Figura 1. Ilustração de Motor de Indução Trifásico



**Fonte:** WEG (2023)

As funções de cada um destes itens estão descritas seguir (FERREIRA; GUEDES, 2019):

- Carcaça: É a estrutura externa do motor que protege os componentes internos contra elementos externos, como poeira e água. A carcaça também auxilia na dissipação do calor gerado durante a operação do motor.
- Núcleo de chapas – estator: O núcleo do estator é composto de chapas de aço laminadas e empilhadas, formando o componente estático do motor. Ele contém os enrolamentos onde a corrente alternada trifásica é aplicada, gerando um campo magnético rotativo.
- Núcleo de chapas – rotor: Semelhante ao núcleo do estator, o núcleo do rotor é feito de chapas de aço laminadas e ajuda na condução do fluxo magnético. Ele atua como uma parte móvel que responde ao campo magnético gerado pelo estator, causando a rotação do motor.
- Tampa: As tampas são geralmente encontradas em ambos os lados do motor e ajudam a selar a carcaça, protegendo os componentes internos.
- Ventilador: Anexado ao eixo do motor, o ventilador auxilia na refrigeração, circulando ar ao redor do motor e dissipando o calor gerado durante a operação.

- Tampa defletora: Esta tampa ajuda a direcionar o fluxo de ar do ventilador sobre a superfície do motor, melhorando a eficácia do resfriamento.
- Eixo: O eixo é a parte rotativa do motor, transmitindo a potência mecânica gerada pelo motor ao equipamento acionado.
- Enrolamento trifásico: Localizado no estator, o enrolamento trifásico é onde a corrente alternada é aplicada. A corrente trifásica nos enrolamentos gera um campo magnético rotativo que aciona o rotor.
- Caixa de ligação: É um compartimento isolado onde os terminais do motor são conectados à fonte de alimentação trifásica.
- Terminais: São os pontos de conexão entre os enrolamentos do motor e a fonte de alimentação externa.
- Rolamentos: Localizados em ambos os lados do eixo, os rolamentos suportam o eixo e permitem que ele gire suavemente, minimizando a fricção.
- Barras e anéis de curto-circuito: Encontrados no rotor, as barras e anéis de curto-circuito são componentes que formam o circuito secundário do motor. Eles interagem com o campo magnético rotativo do estator, induzindo uma corrente que gera o torque necessário para a rotação do eixo.

## 2.2 Histórico e evolução dos inversores

Os inversores de frequência tiveram suas origens nos anos 1960, com o objetivo principal de controlar a velocidade de MIT de maneira eficiente. Através da manipulação da tensão e frequência da corrente elétrica, eles permitiam um controle mais preciso sobre os motores. Os primeiros modelos eram volumosos e caros, tornando-se acessíveis apenas para grandes indústrias (DAL MORO, 2019).

Com o avanço das tecnologias semicondutoras na década de 1970, os inversores tornaram-se mais compactos e confiáveis. Essa evolução permitiu sua adoção em diferentes setores, incluindo manufatura, processamento de alimentos, e controle de sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC; GALORI; SOUZA, 2018).

Nos anos 1980, a introdução da modulação por largura de pulso (PWM) proporcionou um controle mais refinado sobre a frequência e a tensão. Isso permitiu uma operação mais suave dos motores, reduzindo a geração de calor e aumentando a eficiência energética (GALORI; SOUZA, 2018).

A década de 1990 viu a expansão dos inversores para o setor agrícola. Eles foram usados para controlar sistemas de irrigação, bombas e outros equipamentos, proporcionando economia de energia e melhor controle operacional (DAL MORO, 2019).

Na virada do século, os inversores começaram a ser integrados com sistemas de controle digital, permitindo uma automação mais sofisticada. Essa integração resultou em maior eficiência, precisão e flexibilidade nos processos industriais. A crescente preocupação com a sustentabilidade levou à aplicação de inversores na conversão de energia renovável. Eles se tornaram essenciais na conversão da energia solar e eólica em uma forma utilizável na rede elétrica (GALORI; SOUZA, 2018).

Nos últimos anos, a pesquisa contínua levou ao desenvolvimento de inversores mais eficientes, menores e mais econômicos. Os avanços em materiais e design permitiram uma maior durabilidade e desempenho, expandindo ainda mais suas aplicações (GALORI;



SOUZA, 2018).

O futuro dos inversores de frequência parece promissor, com potencial para avanços ainda maiores em eficiência, miniaturização e integração com tecnologias emergentes. Continuarão a desempenhar um papel vital em muitos setores, impulsionando a eficiência energética e a inovação tecnológica. A evolução dos inversores de frequência reflete uma trajetória de contínua inovação e expansão em várias aplicações. Sua contribuição para a economia de energia e controle eficaz de processos é um testemunho de sua importância na tecnologia moderna (DAL MORO, 2019).

### 2.3. Tipos de inversores de frequência

Existem diferentes tipos de inversores de frequência projetados para atender a necessidades específicas, como o controle de ventiladores ou exaustores. Os inversores podem ser classificados com base em sua aplicação, tensão de entrada e saída, e outras características (DAL MORO, 2019).

Os inversores de frequência Volts/Hertz (V/Hz) são comumente usados para controlar a velocidade de motores de indução trifásicos, variando a tensão e a frequência em proporção constante (SILVA, 2015; DAL MORO, 2019).

Inversores de frequência vetorial representam um avanço em relação aos inversores V/Hz, com controle vetorial sem sensor, usando algoritmos matemáticos, e controle vetorial com sensor, que usa sensores físicos para controle de torque e velocidade mais precisos (GALORI; SOUZA, 2018).

Inversores de frequência de potência escalar são aplicados onde não é necessário um controle preciso de torque, como em bombas e ventiladores, sendo geralmente mais econômicos (SOUZA *et al.*, 2019).

Os inversores de frequência de potência direta (DTC) oferecem controle direto do torque e são indicados para máquinas de alto desempenho que necessitam de resposta rápida e precisa (GALORI; SOUZA, 2018).

Os inversores multiníveis proporcionam uma saída mais suave e são ideais para aplicações que requerem alta qualidade na forma de onda, como no campo da energia renovável (DAL MORO, 2019).

Os inversores de frequência multipropósito são versáteis e podem ser empregados em diversas aplicações, fornecendo uma ampla gama de opções de controle (CAMPANA *et al.*, 2000).

Os inversores de frequência para aplicações especiais são concebidos para responder às necessidades específicas de indústrias ou aplicações particulares, como no controle de processos químicos (SILVA, 2015).

Os inversores de frequência de tensão constante são usados em sistemas que requerem uma tensão constante, como em iluminação (DAL MORO, 2019). Além disso, têm sido verificadas relações importantes na racionalização do uso da energia elétrica, em particular em sistemas de irrigação pivô central (ALVES *et al.*, 2002).

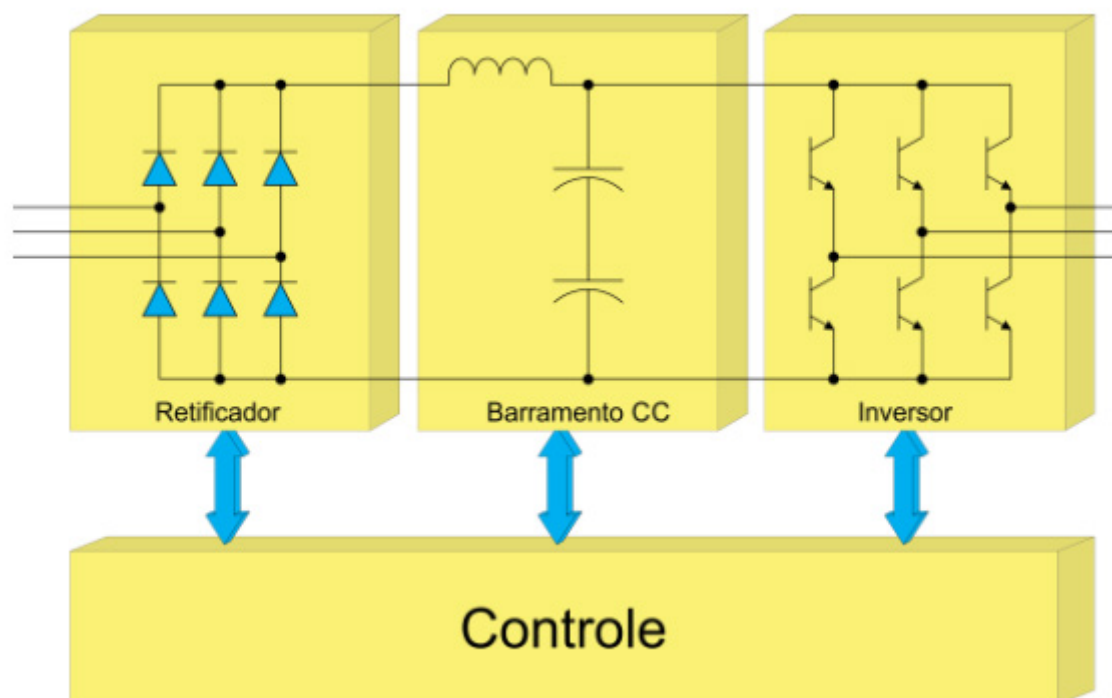
Essa variedade de inversores de frequência atende a uma gama diversificada de necessidades em diferentes setores, permitindo um controle mais eficiente e preciso, e contribuindo para a eficiência energética, por exemplo em sistemas de bombeamento (SOUZA *et al.*, 2019).



## 2.4 Componentes principais e funcionamento

As duas características predominantes do inversor de frequência são as velocidades reguláveis e as capacidades de arranque/parada branda. Esses dois atributos conferem ao inversor uma capacidade de controle robusta para gerir os motores de corrente alternada (CA). O *Variable Frequency Drive* (VFD), termo em inglês para Inversor de Frequência, é composto principalmente por quatro partes; essas são o retificador, o barramento de corrente contínua (CC), o inversor e o circuito de comando (GALORI; SOUZA, 2018). A figura 2, ilustra um diagrama de funcionamento.

Figura 2. Diagrama de funcionamento



Fonte: Adaptado deAlfacomp (2023)

- **Retificador:** É a etapa inicial de um controlador de frequência. Transforma a energia de corrente alternada (CA) fornecida pela rede elétrica em energia de corrente contínua (CC). Esta parte pode operar de maneira unidirecional ou bidirecional, dependendo da aplicação, como a operação de quatro quadrantes do motor. Emprega diodos, SCRs, transistores e outros mecanismos de chaveamento eletrônico. Com diodos, a potência CC transformada é uma saída não regulada, enquanto com SCRs, a potência de saída CC é ajustada pelo controle do ângulo de disparo. No mínimo, seis diodos são exigidos para a conversão trifásica, logo a unidade retificadora é classificada como um conversor de seis pulsos (GALORI; SOUZA, 2018).
- **Barramento CC:** A energia CC proveniente da seção retificadora é transmitida ao barramento CC. Esta parte inclui capacitores e indutores para alisar contra flutuações e reservar a energia CC. A função primordial do barramento CC é aceitar, conservar e fornecer energia CC.
- **Inversor:** Esta etapa é composta por interruptores eletrônicos como transistores, tiristores, IGBTs, entre outros. Absorve a energia CC do barramento CC e a transforma em CA, que é entregue ao motor. Utiliza métodos de modulação, como a modulação por largura de pulso, para alterar a frequência de saída e, assim, gerir a

velocidade do motor de indução (SOUSA *et al.*, 2019).

- Circuito de controle: Consiste em uma unidade com microprocessador e realiza múltiplas funções, como regulação, ajuste das definições do inversor, monitoramento de condições de erro e interfaces de comunicação usando protocolos industriais. Recebe um sinal de retorno do motor como referência da velocidade real do motor e, portanto, ajusta a relação entre tensão e frequência para comandar a velocidade do motor (SOUSA *et al.*, 2019).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada para esta pesquisa foi estruturada de acordo com os objetivos propostos, com a coleta de dados sendo estabelecida entre junho e setembro de 2023, optou-se por trabalhos científicos com até 5 anos de publicação.

As bases de dados específicas consultadas incluíram “ScienceDirect”, “Google Scholar” e “SpringerLink”, proporcionando acesso a uma vasta gama de materiais científicos publicados por acadêmicos e profissionais respeitados na área.

As palavras-chave utilizadas na busca foram: “inversor de frequência” “eficiência energética” e “otimização de sistema”, bem como suas variantes em inglês, garantindo uma pesquisa focalizada e direcionada.

O método de Revisão Bibliográfica é fundamentado em uma abordagem qualitativa e descritiva, conforme aplicado nesta pesquisa, e é respaldado pelos princípios metodológicos apresentados por Gil (2008) e Lakatos (1991).

Gil (2008) destaca que a revisão bibliográfica permite ao pesquisador o contato com trabalhos anteriores realizados sobre o tema de interesse, proporcionando um conhecimento profundo e a identificação de lacunas que podem ser exploradas em pesquisas futuras. A abordagem qualitativa, conforme descrita por Gil (2008), permite uma análise mais interpretativa e reflexiva dos dados, possibilitando uma compreensão mais rica e profunda das nuances do tema em estudo.

Já, segundo Lakatos (1991), a revisão bibliográfica tem um papel crucial em contextualizar e fundamentar a pesquisa dentro do conhecimento já existente, propiciando uma análise crítica do que foi previamente publicado e identificando aspectos que necessitam de maior exploração. A abordagem descritiva, destacada por Lakatos, visa à descrição das características de determinado fenômeno ou à relação entre variáveis, o que é crucial para a obtenção de insights específicos e detalhados.

Desta forma, os artigos e materiais selecionados foram avaliados com base em sua relevância, qualidade e contribuição para o entendimento do papel dos inversores de frequência, como critério de inclusão, somente artigos com menos de cinco anos foram utilizados, a exceção foi em relação aos livros.

Uma análise cuidadosa foi feita para garantir que os materiais utilizados estivessem em conformidade com as normas acadêmicas e éticas, excluindo quaisquer fontes que não atendessem a esses critérios.

A metodologia de revisão adotada focou na síntese e integração dos achados, de modo a construir uma compreensão coesa e detalhada do tema, sem a necessidade de intervenção ou proposição. A pesquisa foi realizada de maneira sistemática e ordenada, garantindo que todos os aspectos relevantes do tema fossem cobertos, sem qualquer viés ou influência indevida.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir das pesquisas nas bases de dados foram selecionados os seguintes trabalhos relacionados ao tema:

**Quadro 1.** Pesquisas relacionadas aos benefícios dos inversores de potência

| Autor(es)                                                          | Ano  | Nome do Artigo                                                                                                                 | Tipo de Trabalho | Revista/Publicação                                      |
|--------------------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------|
| FRANCHI, Claiton Moro                                              | 2009 | Inversores de frequência: teoria e aplicações                                                                                  | Livro            | Saraiva Educação SA                                     |
| RODRIGUES, Wlamir et al.                                           | 2007 | Critérios para o uso eficiente de inversores de frequência em sistemas de bombeamento de água                                  | Artigo           | Eng. Civil. Campinas-SP                                 |
| ALVES, Aylton J.; DE OLIVEIRA, Luiz FC; OLIVEIRA, Antônio M. de    | 2002 | Verificação das relações de rateaux pelo emprego de um inversor de frequência                                                  | Artigo           | Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental   |
| SOUSA, André Oliveira; DA SILVA, Marcos Moraes; PIRES, Igor Amariz | 2012 | Estudo de interferências na alimentação elétrica de motores de indução por inversores de frequência                            | Artigo           | e-xacta                                                 |
| CAMPANA, S. et al.                                                 | 2000 | Inversores de frequência: uma alternativa para racionalização do uso da energia elétrica em sistemas de irrigação pivô central | Artigo em Anais  | Proceedings of the 3. Encontro de Energia No Meio Rural |
| GALORI, Kleiton Santos; SOUZA, Ronaldo Donizeti de                 | 2018 | Inversor de frequência com acionamento de motor                                                                                | Artigo           | Não Especificado                                        |
| SILVA, Gabriela Marques Bispo da                                   | 2015 | Freio eletrodinamométrico usando um inversor de frequência e um motor de indução trifásico                                     | Artigo           | Não Especificado                                        |
| SOUSA, EDC; SILVA, VDPE                                            | 2012 | Inversor de frequência e sua contribuição para a eficiência energética em sistemas de bombeamento                              | Artigo           | Brasil Engenharia, São Paulo                            |
| DAL MORO, Marcos                                                   | 2019 | Inversor de frequência                                                                                                         | Artigo/Relatório | Não Especificado                                        |

**Fonte:** O autor (2023)

Inversores de frequência têm se tornado peças críticas na otimização do uso da energia elétrica em várias aplicações, incluindo sistemas de bombeamento de água (RODRIGUES et al., 2007). Esses dispositivos permitem o controle preciso da velocidade de motores elétricos, contribuindo significativamente para a eficiência energética.

Um dos principais benefícios do uso de inversores de frequência é a capacidade de evitar o superdimensionamento de sistemas de bombeamento, que costumava ser uma prática comum (RODRIGUES et al., 2007). Isso é possível porque o inversor ajusta a velocidade do motor às necessidades do sistema, eliminando a necessidade de operar o motor em plena capacidade o tempo todo.

A economia de energia é outra vantagem significativa. Em um estudo específico sobre instalações de bombeamento em Campinas, SP, foi demonstrado que o uso de inversores pode otimizar o consumo de energia, tornando o sistema como um todo mais



eficiente (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Além disso, em contextos agrícolas, o uso de inversores foi avaliado como uma alternativa para racionalizar o uso de energia elétrica em sistemas de irrigação pivô central (CAMPANA *et al.*, 2000). Isso sugere que os benefícios dos inversores de frequência não estão limitados a aplicações urbanas ou industriais.

O estudo conduzido por Alves *et al.* (2002) explorou a veracidade das relações de Rateaux no bombeamento e encontrou que o uso de inversores de frequência poderia resultar em uma redução média da potência consumida de até 75% em determinadas condições.

Essa eficiência não é apenas uma economia direta, mas também uma maneira de reduzir o impacto ambiental da geração de energia elétrica, que se tornou uma preocupação crescente (RODRIGUES *et al.*, 2007).

A capacidade dos inversores de frequência de ajustar a velocidade do motor também tem implicações para a manutenção do sistema. Menores velocidades e operações mais eficientes podem prolongar a vida útil do motor e de outros componentes do sistema (FRANCHI, 2009).

Em relação às interferências na alimentação elétrica de motores de indução, o uso de inversores de frequência foi estudado para entender melhor suas vantagens e desvantagens (SOUSA *et al.*, 2012). Este estudo sugere que é importante entender o ambiente de aplicação para maximizar os benefícios do inversor.

O papel do inversor de frequência na eficiência energética também foi discutido por Sousa e Silva (2012), enfatizando sua contribuição para tornar os sistemas de bombeamento mais eficientes em termos de energia.

A flexibilidade é outra vantagem chave. Os inversores de frequência são versáteis e podem ser programados para se adequar a uma variedade de aplicações e condições operacionais (FRANCHI, 2009).

Estudos também têm se concentrado na otimização de critérios para a adoção de inversores em sistemas de bombeamento, resultantes de simulações operacionais e modelos matemático-computacionais (RODRIGUES *et al.*, 2007).

Ou seja, o uso de inversores de frequência oferece várias vantagens em termos de eficiência energética, otimização de sistemas e redução de impactos ambientais. Seja em aplicações industriais, agrícolas ou de abastecimento de água, a contribuição desses dispositivos para sistemas mais eficientes e sustentáveis é inegável (FRANCHI, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2007; ALVES *et al.*, 2002; CAMPANA *et al.*, 2000; SOUSA *et al.*, 2012; SOUSA; SILVA, 2012).

De acordo com Campana *et al.* (2000), uma das principais vantagens dos inversores de frequência é a eficiência energética em sistemas de irrigação, como o pivô central. Segundo Campana *et al.* (2000), o uso de inversores pode racionalizar significativamente o consumo de energia elétrica, otimizando a relação custo-benefício em projetos de irrigação.

A flexibilidade proporcionada pelos inversores de frequência também é digna de nota. No trabalho de Galori e Souza (2018), é destacado que o inversor permite ajustar a velocidade do motor de indução trifásico, fornecendo assim controle mais refinado sobre sistemas como o Freio de Foucault.

Além de controle de velocidade, os inversores de frequência podem melhorar a vida útil dos motores. Conforme Sousa, da Silva e Pires (2012) apontam, fabricantes estão constantemente buscando maneiras de minimizar interferências que afetam a durabilidade

dos motores quando acionados por inversores.

Os inversores também têm aplicações em testes de motores via freios eletrodinamométricos. Silva (2015) realça a importância desses dispositivos para aferir parâmetros como o conjugado e a potência em motores de indução trifásicos.

No setor industrial, onde o consumo de energia é significativo, o uso de inversores é vital para a racionalização da energia. A relevância deste aspecto é sublinhada por Silva (2015), que destaca o motor de indução trifásico como um dos principais consumidores de energia em ambientes industriais.

O controle de energia reativa é outra área onde os inversores se mostram úteis. Conforme abordado por Campana *et al.* (2000), inversores podem regular variações de energia reativa em motores elétricos, contribuindo para a eficiência geral do sistema.

Galori e Souza (2018) também enfatizam que a utilização de inversores de frequência permite a leitura precisa da corrente de trabalho do motor, uma característica que pode ser crucial em aplicações industriais onde monitoramento é essencial.

O uso de inversores de frequência também pode mitigar problemas de interferência em instalações elétricas, conforme sugerido por Sousa, da Silva e Pires (2012). Este aspecto é fundamental para evitar perturbações em sistemas elétricos adjacentes.

Campana *et al.* (2000) também discutem a possibilidade de liberar carga do transformador quando se utiliza inversores, o que pode ser uma vantagem significativa em sistemas de irrigação de média pressão.

Um aspecto menos considerado, mas ainda crítico, é o *rise-time* do motor. Sousa, da Silva e Pires (2012) observam que inversores de frequência podem influenciar positivamente este parâmetro, o que é vital para o desempenho seguro e eficiente dos motores.

Silva (2015) destaca que freios eletrodinamométricos acionados por inversores permitem medições tanto pelo método direto quanto pelo indireto, fornecendo assim dados mais abrangentes e precisos para análise do desempenho dos motores.

O aspecto de regeneração de energia, conforme descrito por Silva (2015), é outro ponto favorável do uso de inversores. Esta característica permite que a energia cedida pelos motores em teste seja recuperada, contribuindo para um sistema mais sustentável.

De acordo com o estudo de Sousa *et al.* (2012), um dos benefícios significativos dos inversores de frequência é a melhoria da eficiência energética em sistemas de bombeamento. No setor industrial, onde esses sistemas muitas vezes apresentam baixa eficiência, o uso de inversores pode levar a economias de energia de até 95%.

A eficiência energética não é apenas benéfica em termos de redução dos custos operacionais, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental, reduzindo a demanda por recursos energéticos.

Dal Moro (2019) destaca o papel do inversor de frequência no agronegócio, um setor crucial para a economia global. O uso desses dispositivos permite um aumento significativo na produção e lucratividade sem a necessidade de expandir a área de terra utilizada para cultivo ou criação de animais.

A variabilidade no controle de vazão proporcionada pelos inversores é extremamente útil em aplicações agrícolas, como sistemas de irrigação. Isso permite um uso mais eficaz da água, que é um recurso limitado.

O estudo de Dal Moro também menciona a aplicabilidade de inversores de frequência em sistemas que necessitam de cargas com necessidades de conjugados quadráticos,





como ventiladores ou exaustores. Isso é especialmente relevante em setores industriais que exigem controle preciso de ambientes, como a indústria farmacêutica ou alimentícia.

Os inversores também vêm com sistemas de proteção para sobre e sub tensões de entrada, sobre corrente de saída e fuga de corrente a terra (Dal Moro, 2019). Isso acrescenta uma camada extra de segurança durante a operação de máquinas e equipamentos, reduzindo o risco de falhas e aumentando a vida útil dos motores.

A interface de usuário dos inversores, como descrito por Dal Moro (2019), pode ser tanto por meio de bornes e botões de programação quanto por um sistema de comunicação externo em rede. Isso oferece flexibilidade e controle mais granular sobre as operações.

De acordo com o estudo de Sousa et al. (2012), a eficiência energética obtida pelo uso de inversores também pode ter implicações significativas na redução das emissões de carbono. Além de contribuir para a eficiência em sistemas de bombeamento, a pesquisa de Sousa et al. (2012) foi conduzida em um laboratório acadêmico, sugerindo que os inversores de frequência também têm potencial para aplicações em pesquisa e desenvolvimento, fornecendo dados precisos para estudos futuros.

A aplicação de inversores não está restrita a qualquer setor específico e pode ser implementada em uma variedade de aplicações industriais, agrícolas e de pesquisa. Isso os torna uma tecnologia versátil, com amplo potencial de aplicação (DAL MORO, 2019; SOUSA et al., 2012).

Os inversores de frequência são especialmente úteis em aplicações que necessitam de ajustes frequentes nas operações do motor, permitindo variações de frequência programável em função das rampas de partida e parada disponíveis (DAL MORO, 2019).

Como dito até aqui, o uso de inversores pode também resultar em menos desgaste e manutenção dos motores de indução, pois permite um controle mais suave e eficiente. Isso pode prolongar significativamente a vida útil do equipamento, representando mais uma economia a longo prazo para os operadores (SOUSA et al., 2012).

Os trabalhos de Rodrigues et al. (2007) e de Alves et al. (2002) convergem na importância dos inversores de frequência para a eficiência energética em sistemas de bombeamento. Enquanto Rodrigues et al. focalizam na otimização do sistema como um todo, Alves et al. detalham a significativa redução de potência consumida, corroborando assim a necessidade de adotar esses dispositivos. Contudo, Alves et al. têm uma abordagem mais quantitativa, enfocando a veracidade das relações de Rateaux, um aspecto ausente em Rodrigues et al.

Sousa et al. (2012) e Silva et al. (2015) expandem a discussão para os motores de indução trifásicos. Ambos abordam as interferências e desafios técnicos na integração de inversores de frequência com esses motores, mas Silva et al. vão além, ao focar no uso de freios eletrodinamométricos para avaliar parâmetros de motores, uma dimensão não explorada pelos outros.

O trabalho de Campana et al. (2000) e o de Sousa e Silva (2012) destacam a aplicabilidade dos inversores em sistemas de irrigação e bombeamento, respectivamente. Ambos abordam a eficiência energética, mas Campana et al. também consideram índices econômicos como taxa interna de retorno, uma dimensão negligenciada por Sousa e Silva.

Dal Moro (2019) e Galori e Souza (2018) apresentam uma aproximação com foco na implementação prática e aplicada dos inversores. Ambos detalham o dimensionamento e as especificações técnicas, mas Dal Moro concentra-se no agronegócio e Galori e Souza em uma aplicação didática.

É interessante notar que enquanto a maioria dos trabalhos foca na eficiência e economia de energia como a principal vantagem dos inversores de frequência, o estudo de Sousa et al. (2012) aborda também os desafios e potenciais problemas, como ruído e interferências, que podem advir do uso desses dispositivos. Este foco em desafios é compartilhado por Silva et al. (2015), que discutem as complexidades da medição de parâmetros do motor.

Finalmente, uma divergência marcante é o nível de preparação técnica para a implementação dos inversores, como apontado por Sousa *et al.* (2012). Eles argumentam que muitas empresas não estão tecnicamente preparadas para especificar corretamente o conjunto motor-inversor, uma preocupação não expressa nos outros trabalhos.

Em suma, enquanto há um consenso sobre o valor dos inversores de frequência para a eficiência energética, as divergências emergem em termos de aplicações práticas, métodos de avaliação e considerações econômicas. A literatura sugere uma complexidade que vai além do mero ato de incorporar um inversor de frequência em um sistema, requerendo uma compreensão abrangente das interações sistêmicas, dos desafios técnicos e dos impactos econômicos para otimizar o desempenho e a eficiência.

## 5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa cumpriu o objetivo de oferecer uma visão abrangente e atualizada sobre o funcionamento, as aplicações e as vantagens dos inversores de frequência na engenharia elétrica. O princípio de funcionamento e os componentes essenciais dos inversores de frequência foram descritos, corroborando sua importância na modulação da frequência e da tensão em motores elétricos.

Em relação às aplicações, foi evidenciada a sua versatilidade em diversos setores industriais, incluindo sistemas de bombeamento, motores de indução trifásicos e sistemas de irrigação. Essa versatilidade mostra que os inversores de frequência são ferramentas indispensáveis na moderna paisagem da engenharia elétrica, onde a demanda por automação e eficiência é alta.

No contexto da eficiência energética, os inversores de frequência apresentam vantagens significativas. A literatura revisada unânime em destacar a capacidade desses dispositivos de reduzir o consumo de energia, permitindo um controle mais preciso de sistemas motorizados, o que é corroborado por dados quantitativos em vários estudos.

Quanto ao controle de processos, os inversores de frequência oferecem um alto grau de precisão e flexibilidade. Eles permitem a implementação de estratégias de controle mais avançadas, melhorando a qualidade do produto em processos industriais e a segurança em sistemas críticos.

O aspecto econômico também foi explorado, com alguns estudos evidenciando que a implementação de inversores de frequência pode resultar em uma economia substancial de custos operacionais, além de retornos sobre o investimento, especialmente em sistemas de grande escala.

Por outro lado, os desafios e limitações na implementação dos inversores também foram abordados. Questões como ruído, interferências e a necessidade de um alto nível de especialização técnica para especificação e instalação são desafios inerentes que devem ser considerados.

Em termos metodológicos, a abordagem de revisão de literatura permitiu uma aná-



lise crítica e síntese de diversos trabalhos científicos, identificando assim tendências, semelhanças e diferenças no campo. Esta metodologia provou ser eficaz para alcançar uma compreensão abrangente do tema.

Conclusivamente, os inversores de frequência provaram ser dispositivos indispensáveis no campo da engenharia elétrica, com aplicações variadas e múltiplas vantagens. O uso eficaz desses dispositivos não apenas resulta em eficiência energética, mas também em melhor controle de processos e economia de custos.

É prudente, no entanto, abordar sua adoção de uma maneira holística, levando em consideração não apenas as vantagens, mas também as potenciais limitações e desafios, para garantir uma implementação bem-sucedida e eficaz.

As lacunas na literatura sugerem a necessidade de mais pesquisas focadas em estudos de caso aplicados, bem como análises comparativas entre diferentes tipos de inversores, para expandir o corpo de conhecimento existente sobre esta tecnologia crucial.

Finalmente, esta pesquisa contribuiu significativamente para o campo de estudo, fornecendo uma visão compreensiva e atualizada sobre inversores de frequência, seu funcionamento, aplicações e vantagens, ao mesmo tempo em que lança luz sobre as áreas que ainda necessitam de investigação adicional.

## Referências

- ALVES, Aylton J.; DE OLIVEIRA, Luiz FC; OLIVEIRA, Antônio M. de. **Verificação das relações de rateaux pelo emprego de um inversor de frequência**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 6, p. 523-525, 2002.
- CAMPANA, S. et al. **Inversores de frequência**: uma alternativa para racionalização do uso da energia elétrica em sistemas de irrigação pivô central. In: Proceedings of the 3. Encontro de Energia No Meio Rural. 2000.
- DAL MORO, Marcos. **Inversor de frequência**. 2019.
- FERREIRA, Carlos André. **Sistema de monitoramento em motores de indução trifásico utilizando a plataforma arduino**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de frequência**: teoria e aplicações. Saraiva Educação SA, 2009.
- GALORI, Kleiton Santos; SOUZA, Ronaldo Donizeti de. **Inversor de frequência com acionamento de motor**. 2018.
- GUEDES, Jacqueline Jordan et al. **Identificação de falhas em motores de indução trifásicos utilizando algoritmos de otimização e sistemas inteligentes**. 2019.
- GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1991.
- RODRIGUES, Wlamir et al. Critérios para o uso eficiente de inversores de frequência em sistemas de bombeamento de água. Eng. Civil. Campinas-SP, p. 19-196, 2007.
- SILVA, Gabriela Marques Bispo da. **Freio eletrodinamométrico usando um inversor de frequência e um motor de indução trifásico**. 2015.
- SOUSA, André Oliveira; DA SILVA, Marcos Moraes; PIRES, Igor Amariz. **Estudo de interferências na alimentação elétrica de motores de indução por inversores de frequência**. e-xacta, v. 5, n. 1, 2012.
- SOUSA, EDC; SILVA, VDPE. **Inversor de frequência e sua contribuição para a eficiência energética em sistemas de bombeamento**. Brasil Engenharia, São Paulo, n. 609, p. 112-117, 2012.



# 3

A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA

THE IMPORTANCE OF AUTOMATION IN ENERGY DISTRIBUTION

Nickolas Matheus de Sousa Lima  
João Victor Miranda Costa  
Woshington Umberto da Silva Santos

## Resumo

A energia elétrica como um dos principais insumos depende da produção em unidades industriais, aplicação nos atuais meios de transporte coletivo, iluminação pública, sistemas de telecomunicações, segurança em áreas metropolitanas e benefícios relacionados ao conforto e qualidade de vida. No entanto, mesmo pequenas interrupções na sua prestação (mesmo que por um curto período de tempo) podem resultar em repercussões sociais e econômicas significativas. A automação de sistemas de distribuição elétrica amplia a cada dia sua participação no mercado. O diretor de automação completa os outros três segmentos igualmente significativos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Com o objetivo de manter a integridade física da rede, dos consumidores, dos prestadores de serviço e dos equipamentos inseridos no sistema, são instalados equipamentos de proteção como parte de um esforço para reduzir falhas na rede de distribuição de energia. O objetivo geral buscou estudar as diversas opções para melhorar o desempenho dos sistemas de distribuição já em uso no Brasil, incluindo a utilização de novos equipamentos para fortalecer a confiabilidade do sistema e alcançar melhores níveis de tensão de energia elétrica para os consumidores. Para a elaboração do trabalho foi utilizada a metodologia da revisão de literaturas de caráter qualitativo e descritivo com pesquisas, levantamentos bibliográficos em livros, sites escritos por autores renomados nos últimos anos. Conclui-se que a automação da rede de distribuição de energia apresenta uma série de vantagens tanto para os consumidores quanto para as concessionárias, principalmente em termos de estabilidade, confiabilidade e proteção da rede elétrica.

**Palavras-chave:** Energia Elétrica. Sistema de Distribuição Automatizado. Indicadores de Qualidade. Automação.

## Abstract

Electrical energy as one of the main inputs depends on production in industrial units, application in current means of public transport, public lighting, telecommunications systems, security in metropolitan areas and benefits related to comfort and quality of life. However, even small interruptions in their provision (even for a short period of time) can result in significant social and economic repercussions. The automation of electrical distribution systems increases its market share every day. The automation director completes the other three equally significant segments of electrical energy generation, transmission and distribution. In order to maintain the physical integrity of the network, consumers, service providers and equipment inserted in the system, protective equipment is installed as part of an effort to reduce failures in the energy distribution network. The general objective sought to study the various options to improve the performance of distribution systems already in use in Brazil, including the use of new equipment to strengthen system reliability and achieve better electrical energy voltage levels for consumers. To prepare the work, the methodology of qualitative and descriptive literature review was used with research, bibliographical surveys in books, websites written by renowned authors in recent years. It is concluded that the automation of the energy distribution network presents a series of advantages for both consumers and concessionaires, mainly in terms of stability, reliability and protection of the electrical network.

**Keywords:** Electricity. Automated Distribution System. Quality Indicators. Automation.



## 1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica no Brasil é predominantemente hidroelétrica. Logo a escolha desta temática objetiva mostrar como é feito o processo, desde a geração de energia elétrica até que a mesma chegue ao consumidor final. Esta sequência tem início nas usinas hidroelétricas, com a energia elétrica sendo transmitida pelas linhas de transmissão até chegar às subestações, em que seus níveis de tensão são diminuídas e então distribuídas aos consumidores finais, utilizando as linhas de distribuição de energia elétrica.

Portanto a distribuição de energia é um segmento do sistema elétrico, com a finalidade de entregar energia elétrica ao consumidor final. Esse segmento é um sistema de instalações e componentes elétricos que operam sob responsabilidade das concessionárias de distribuição, é dividido basicamente em subestação de distribuição e em linhas de distribuição.

Dentro desse contexto a presente pesquisa busca estudar como melhorar o atendimento ao cliente no setor de distribuição elétrica brasileira e melhorar a qualidade da energia distribuída, este trabalho propõe o estudo de novas ferramentas, tecnologias e conceitos relacionados a redes elétricas que utilizam redes inteligentes. Também propõe uma análise comparativa de um alimentador sem equipamento *smart grid* e uma proposta de instalação do mesmo. Surge assim uma problemática a ser analisada: Quais as vantagens da automação da distribuição de energia?

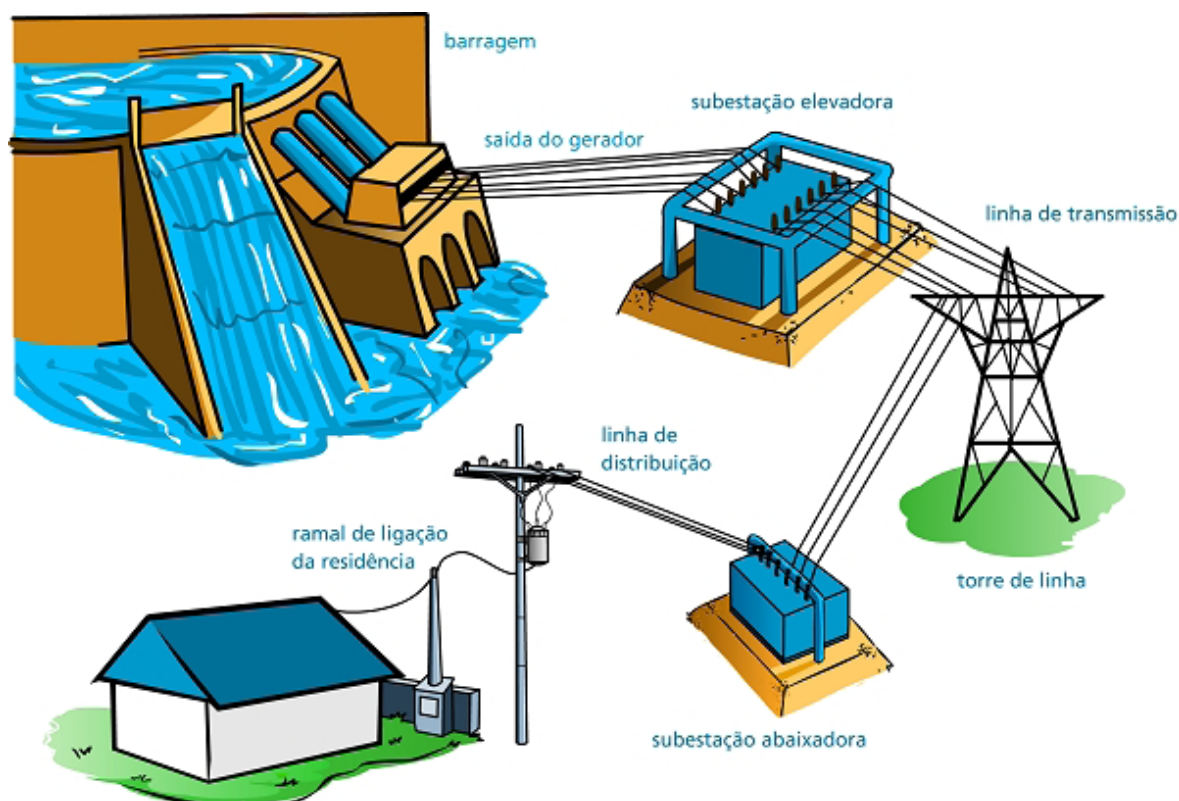
O objetivo geral buscou estudar as diversas opções para melhorar o desempenho dos sistemas de distribuição já em uso no Brasil, incluindo a utilização de novos equipamentos para fortalecer a confiabilidade do sistema e alcançar melhores níveis de tensão de energia elétrica para os consumidores. Já os objetivos específicos buscaram estudar as principais características sobre o sistema de distribuição de energia elétrica; definir os tipos de equipamento utilizados para a distribuição de energia elétrica e abordar os equipamentos de *smart grids* para o sistema de distribuição.

A metodologia adotada nesta pesquisa trata-se de revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, com base nos autores Caires (2013), Gomes (2014), Lima (2017) por meio de consultas a livros, artigos, publicados no Google Acadêmico, Scielo, Lilacs e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras nos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão se basearam no descarte de artigos sem teor científico. Foram utilizadas as palavras-chave: Energia Elétrica, Sistema de Distribuição Automatizado e Indicadores de Qualidade.

## 2. AUTOMAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

Às redes de distribuição, assim como às subestações, são responsáveis por rebaixar os níveis de tensão resultantes das linhas de transmissão. Após este processo a energia elétrica é distribuída para os consumidores, seja por rede aérea, que é mais comumente encontrada em postes e torres de transmissão ou subterrânea, que faz a utilização de dutos subterrâneos (INBRAEP, 2021).



**Figura 1.** Sistema elétrico de potência (SEP)

**Fonte:** Mattede (2018, p.82)

As linhas de distribuição estão diretamente ligadas às unidades consumidoras, sendo a principal responsável por garantir que o fornecimento de energia elétrica chegue com segurança e qualidade. Considerando a finalidade das redes de distribuição, é notória a responsabilidade que às empresas distribuidoras tem para com seus clientes.

Para Joel (2019), a automação do setor elétrico brasileiro é fundamental para atender a grande demanda do consumo de energia elétrica, estabilidade do sistema, confiabilidade e proteção à rede de distribuição, fatores esses que trazem inúmeros benefícios, tanto para os consumidores quanto para as concessionárias.

Aplicar a automação em um sistema de distribuição de energia elétrica pode envolver várias atividades que buscam um único objetivo principal, que seria proteger a rede de distribuição contra curtos. O principal ganho da proteção da rede de distribuição é poder identificar falta de fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas supervisórios que coletam em tempo real, dados de equipamentos instalados na rede. Outro fator que faz com que a automação esteja ganhando mais espaço no setor elétrico, é capacidade de melhorar o atendimento aos consumidores, realizando um melhor gerenciamento da rede, reduzindo assim, o tempo de resposta até o atendimento (JOEL, 2019)

A automação pode auxiliar e evitar vários imprevistos e transtornos, um exemplo é diminuir o tempo e/ou duração das interrupções de energia, sabendo-se que os sistemas automatizados têm a capacidade de apontar previamente às falhas e fazer operações remotamente (ELETROREDE, 2018). Essa virtude da automação é providencial para que o fornecimento de energia elétrica seja restabelecido de forma rápida e eficaz em localidades de difícil acesso, que levariam horas até que uma equipe operacional chegasse até o local da interrupção, para sanar o problema da falta de energia.

Para Joel (2019), adotar sistemas automatizados e inteligentes, pode ser uma solução para gerar lucros no setor elétrico, devido à redução dos gastos com deslocamento

e apontamento prévio de defeitos na rede de distribuição. A partir do momento que a automação permite a identificação e resolução de faltas de energia elétrica, os custos são reduzidos para a concessionária, uma vez que não será mais necessário a atuação de uma equipe operacional e pelo fato de atender aos padrões de qualidade impostos pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

A automação das redes de distribuição tem evoluído bastante, e um dos principais fatores é o smart grid. Esse processo visa deixar o sistema elétrico cada vez mais inteligente, seletivo e adaptativo. A definição de smart grid, de acordo com Passari (2020, p.10), “são sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica, compostos por recursos da Tecnologia da Informação (TI) e um elevado grau de automatização, de modo a ampliar substancialmente a eficiência operacional.” Um exemplo de processo que visa manter a rede dinâmica, é a seletividade lógica, que segundo Mardegan (2011, p.30), “na ocorrência de um curto-circuito, opere apenas o dispositivo mais próximo da falta, isolando a menor porção do sistema elétrico, no menor tempo possível e ainda protegendo os equipamentos e o sistema”.

A implementação do smart grid na distribuição de energia é vital para que às concessionárias tenham um bom desempenho nos indicadores de continuidade coletivos, DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora) e FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora). De acordo com a ANEEL (2016), os indicadores de continuidade servem para medir e avaliar a duração e frequência das ocorrências, tudo isso com base em valores que a própria ANEEL estabelece como padrão.

Os indicadores de continuidade coletivos servem para medir a eficiência de uma determinada distribuidora de energia elétrica. A ANEEL determina os valores máximos dos indicadores DEC e FEC, e às distribuidoras precisam garantir que vão ficar abaixo desses valores, sob aplicação de multa. Essas medidas são tomadas a fim de garantir que a energia elétrica chegue com qualidade e confiabilidade até o consumidor.

Buscando atender às exigências feitas pela ANEEL e pelas unidades consumidoras, às distribuidoras de energia elétrica adotam a instalação de equipamentos de proteção e sensoriamento das redes de distribuição. Um destes equipamento é o religador automático que de acordo com Cassole (2020, p. 76), o operação de desempate automático “Baseia-se na detecção automática de uma falha na rede elétrica, interrompendo temporariamente o circuito elétrico. Esses dispositivos possuem um sistema interno de extinção de linhas elétricas semelhante a seccionadores.

Alguns sistemas inteligentes são muito utilizados para aperfeiçoar a automação das redes de distribuição, um deles é o Self Healing. Ele tem como objetivo restaurar uma parte do sistema elétrico, em caso de interrupção do fornecimento de energia elétrica. Essa restauração é feita sem a intervenção humana e de maneira inteligente, baseado em medições coletadas em tempo real e dos sistemas supervisórios de monitoramento da rede (CASSOLE, 2020).

Sobre o funcionamento do Self Healing, Cassole (2020, p. 79) afirma que “em caso de defeito, o sistema identifica o trecho, isola-o, e compensa o máximo de clientes possível utilizando fontes alternativas de subestações interconectadas.” Isso reduz o alcance do impacto do incidente e o número de consumidores sem acesso à energia elétrica, ao invés de afetar toda a rede com muitos clientes.

Sobre os sistemas supervisórios de automação, Santos, Marinato, Santos (2021, p.1) afirma que “é um software que utiliza tecnologia de informação e de comunicação para o monitoramento e controle, coletando e organizando dados, para apresentar ao operador”. Por meio destes sistemas supervisórios, pode-se realizar uma análise detalhada de um



determinado trecho de uma rede de distribuição, como medições de correntes, tensões, fator de potência e histórico de curtos.

O SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) é um sistema fundamental quando se trata da automação das redes de distribuição, pelo fato do grande volume de ativos físicos instalados em campo, que precisam ser monitorados diariamente. Esse monitoramento acontece entre uma estação de controle remota e uma central (JOEL, 2019).

Os sistemas supervisórios podem ser divididos em algumas partes principais, como os dispositivos de campo, estações remotas, rede de comunicação e estação de monitoramento central. Cada um destes fatores é de extrema importância para que o SCADA funcione corretamente e tenha o um bom desempenho. Os dispositivos de campo servem basicamente para trazer medidas analógicas e binárias de monitoramento, com correntes, tensões e estado dos equipamentos, já os atuadores, servem para realizar algum tipo de manobra no sistema. Às estações remotas são os dispositivos de automação responsáveis por armazenar em memória todas as informações que estão vindo dos equipamentos e direcionar para a estação central com qualidade, segurança e agilidade (PASSAR; VARGAS, 2020).

A rede de comunicação é o meio pelo qual os dados trafegam entre às estações remotas e centrais, ela é responsável por manter os módulos conectados na mesma rede, através de uma APN (*Access Point Name*), por exemplo. Às estações centrais são responsáveis por receber todas as informações vindas de campo, tratar e analisar estas informações e reproduzir essas informações para o operador através de uma IHM (Interface Homem Máquina) (PEREIRA, 2015).

Para obter um bom desempenho com a utilização dos sistemas supervisórios, é preciso adotar um protocolo de comunicação adequado com a aplicação, fazendo com que às estações remotas e central fechem conexão. No caso das *smart grids*, um dos protocolos mais utilizados é o DNP3 (*Distributed Network Protocol*). Pereira (2015, p.24) afirma que o protocolo DNP3 é “amplamente utilizado para automação de sistema de energia”.

De acordo com Pereira (2015, p.24), “O protocolo DNP3 foi desenvolvido para a comunicação entre equipamentos de aquisição de dados e controle”. Uma maneira clássica de utilizar o protocolo DNP3 em sistemas supervisórios é dividindo-o em *Master* e *Outstation*. Os dispositivos que atuam como *Master*, são responsáveis por requisitar informações dos dispositivos *Outstation* em tempos programados ou por requisições. Já os dispositivos atuantes como *Outstation*, além de responder às requisições feitas pelo *Master*, são responsáveis por enviar informações *Unsolicited* (não solicitado) por classe de eventos, enviando informações de alta relevância como estado do equipamento, variações bruscas de corrente e atuações de proteções. (PEREIRA, 2015)

Segundo Cassole (2020, p. 82), “Dependendo do nível de automação da rede, com equipamentos de segurança distribuídos, é possível que o sistema de segurança já tenha isolado a brecha no menor trecho possível”. Como resultado, buscando obter boas métricas de desempenho para os indicadores de continuidade DEC e FEC, as distribuidoras de energia elétrica têm implementado fortes sistemas de supervisão aliados a protocolos de comunicação eficientes.

Às redes de distribuição têm ficado cada vez mais eficientes, atendendo aos requisitos estabelecidos pela ANEEL. Com o grande avanço da automação, às concessionárias estão conseguindo acompanhar a curva de crescimento das unidades consumidoras e atender às suas necessidades.

A automação está presente em todas as etapas desse extenso percurso, que percorre



mais de 107 mil quilômetros pelo Brasil. Isto é verdade nos setores responsáveis pela produção (usinagem), transmissão (cabos, fios e subestações) e distribuição (concessionárias) de energia elétrica. E o seu desenvolvimento coincide com o rápido crescimento populacional e a modernização das cidades. As fases de transmissão e distribuição recebem atualmente mais atenção em função do aumento da demanda por soluções tecnológicas que proporcionem maior assertividade no transporte e entrega de energia elétrica aos consumidores (PERREIRA, 2015).

O transporte de energia elétrica é facilitado por meio de cabos condutores de alta tensão e regulado por subestações, que funcionam como estruturas responsáveis por elevar a tensão elétrica no início da transmissão e reduzi-la nas proximidades de áreas urbanas para garantir a segurança. Os componentes das subestações consistem em vários dispositivos, como transformadores, seccionadores, instrumentos de medição e dispositivos de controle e proteção, todos eles mecanismos de acionamento automático operados eletricamente. O grande objetivo da automação é aumentar a eficiência da distribuição de energia elétrica, levando à redução de despesas operacionais e à eliminação de procedimentos demorados, como interrupção de energia elétrica (PASSARI; VARGAS, 2020).

A utilização de novos equipamentos no sistema de distribuição de energia elétrica com o intuito de elevar o padrão de fornecimento de energia elétrica no Brasil. A falta de capacidade de produzir o próprio produto pode resultar em perdas financeiras significativas na produção industrial. Também pode dificultar os tratamentos médicos devido a interrupções no fornecimento de energia e causar perdas materiais em equipamentos sensíveis a mudanças de tensão. Com isso, a ANEEL está cada vez mais exigente quanto à qualidade do fornecimento de energia. As concessionárias estão tendo dificuldades para atingir as metas estabelecidas (SANTOS; MARINATO, 2021).

Com a nova tecnologia *Smart Grid* e o uso de novas ferramentas, é possível evitar multas por descumprimento de obrigações, gastar menos tempo resolvendo problemas e realizar manutenções na rede de distribuição de energia elétrica com mais precisão. Como resultado, as empresas que desenvolvem soluções para a tecnologia *smart grid* fornecem equipamentos para o sistema elétrico e estão constantemente aprimorando e desenvolvendo seus produtos. Isso torna cada vez mais fácil garantir a qualidade do serviço de fornecimento de energia com a implantação desses novos equipamentos e, consequentemente, aumentar a confiabilidade do sistema de distribuição (JOEL, 2019).

### 3. CONCLUSÃO

A fase de distribuição de energia necessita de soluções tecnológicas amplas e frequentes que proporcionem maior assertividade na entrega de energia elétrica ao consumidor. Nestes casos, o principal objetivo da automação é melhorar o processo de distribuição de energia elétrica. Reduza os custos operacionais e o tempo desta forma. Um evento inesperado que a automação ajuda a prevenir, por exemplo, é a interrupção da energia quando o sistema sinaliza uma falta de energia e o operador pode resolver o problema remotamente.

As tecnologias de distribuição elétrica automática e controle de subestações permitem a operação remota ou automática de circuitos. Isto é conseguido por meio de sistemas e ferramentas que permitem a comunicação em tempo real com outros subestabelecimentos. Assim que problemas como esse são descobertos, o equipamento passa a funcionar automaticamente graças aos alertas do sistema do operador. Um dos maiores benefícios da distribuição automatizada de energia é a segurança dos profissionais envol-





vidos, pois é possível operar o sistema remotamente. Por isso, a supervisão e o controle da subestação podem ser realizados sem a necessidade de pessoal no local. Investir na automação também agiliza o processo global de distribuição de energia, uma vez que os sistemas de distribuição estão a tornarem-se cada vez mais complexos, colocando desafios ao trabalho humano em termos de controle e operação.

Conclui-se que pela variedade de suas aplicações em tarefas que requerem intervenção do operador, frequentemente ligadas a tarefas que exigem respostas rápidas para garantir maior segurança e confiabilidade do sistema, é possível inferir que a automação em redes de distribuição tem despertado grande interesse por parte das distribuidoras de energia elétrica. Outra razão para programar a automação em larga escala nas redes de distribuição é a ideia de “redes inteligentes”, nas quais as empresas de distribuição procuram adquirir sistemas inteligentes capazes de rastrear e processar uma variedade de dados presentes na rede e convertê-los em informações que ajudem os operadores gerenciarem o sistema de forma mais eficaz e tomam decisões em tempo real.

## Referências

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Qualidade do Serviço**. Brasília: SRD, 28 jun. 2016. Disponível em: <https://antigo.aneel.gov.br/web/guest/qualidade-do-servico2>. Acesso em: 04 set. 2023.

CASSOLE, Luiz Carlos. VARGAS, Francisco Javier Triveño. Religador self-healing. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 12, Vol. 01, pp. 73-86. Dez. 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/self-healing>. Acesso em: 08 set. 2023.

ELETROREDE. **Automação na distribuição de energia**: entenda a importância. São Paulo: Equipe Eletrorede, 2018. Disponível em: <https://eletrorede.eng.br/blog/2018/10/25/automacao=-distribuicao-energia/#:~:text=AS%20VANTAGENS%20DA%20AUTOMA%C3%87%C3%83O&text=Desta%20forma%2C%20diminui%20custos%20operacionais,solucionar%20o%20problema%20a%20dist%C3%A2ncia>. Acesso em: 22 ago. 2022.

INBRAEP - INSTITUTO BRASILEIRO DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE (Brasil). **Definição dos Fundamentos de Rede de Distribuição**. Santa Catarina: Equipe INBRAEP, 30 set. 2021. Disponível em: <https://inbraep.com.br/publicacoes/definicao-dos-fundamentos-de-rede-de-distribuicao/>. Acesso em: 08 set. 2023.

JOEL, Renan. **Inteligência para aumentar a eficiência do setor elétrico**. GTDC, 2019. Disponível em: <https://www.energiaquefalacomvoce.com.br/2019/07/17/fieefuture-inteligencia-para-aumentar-a-eficiencia-do-setor-eletrico/>. Acesso em: 08 set. 2023.

MARDEGAN, Cláudio. **A seletividade**. Proteção e seletividade, 2011. Disponível em: [https://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/06/Ed64\\_fasc\\_seletividade\\_cap17.pdf](https://www.osetoelettrico.com.br/wp-content/uploads/2011/06/Ed64_fasc_seletividade_cap17.pdf). Acesso em: 08 set. 2023.

PASSARI, Guilherme Henrique Da Silva. VARGAS, Francisco Javier Triveño. **Redes elétricas Smart Grid**: Estudo de aplicação nas redes de distribuição. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 12, Vol. 05, pp. 05-25. dez. 2020. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-eletrica/redes-de-distribuicao>. Acesso em: 05 set. 2023.

PEREIRA, Cássia Correia da Silva. **Modelo de simulação NS-2 para o protocolo DNP3 sobre o protocolo de rede sem fio IEEE 802.15.4 para simulação de baixo custo de aplicação Smart Grid**. 2015. Disponível em: <https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/pos-graduacao/dissertacao-cassia-correia-da-silva-pereira>. Acesso em: 13 mai. 2023.

PINHEIRO, José. **Introdução às Redes de Supervisão e Controle**. Projeto de redes, 2006. Disponível em: [https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_redes\\_de\\_supervisao\\_e\\_controle.php](https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php). Acesso em: 05 set. 2023.

SANTOS, Fabrício; MARINATO; Matheus; SANTOS, Wemerson. **SISTEMA SUPERVISÓRIO**: Utilização de um sistema Supervisório na usina fotovoltaica, 2021. Disponível em: [https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3885/1/Sistema%20Supervis%C3%B3rio%20\\_Artigo\\_2021\\_2.pdf](https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3885/1/Sistema%20Supervis%C3%B3rio%20_Artigo_2021_2.pdf). Acesso em: 05 set. 2023.



# 4

## A IMPORTÂNCIA DA AUTOMAÇÃO ELÉTRICA RESIDENCIAL THE IMPORTANCE OF HOME ELECTRICAL AUTOMATION

Johnatan da Silva Serra  
João Victor Couto de Aquino

## Resumo

O consumo consciente de energia elétrica está intrinsecamente ligado a uma utilização mais racional da mesma, e engloba um conjunto de práticas adotadas pelos indivíduos em suas moradias. É viável mitigar a ocorrência de desperdício ao adotar práticas que promovam uma economia de recursos em uma ampla gama de processos de produção, por meio da utilização correta de novas tecnologias e sua subsequente adoção. A automação residencial pode ser definida como um conjunto de serviços prestados por sistemas tecnológicos integrados, visando promover segurança, comunicação, gestão de energia e conforto em ambientes residenciais e comerciais. Este sistema foi desenvolvido com o objetivo de simplificar as atividades diárias. Para isso, é possível instalar uma ampla gama de dispositivos, como iluminação, sistemas de ar condicionado, climatizadores, aquecedores, eletrônicos, sensores, alarmes, entre outros. No campo da automação residencial inteligente, é viável empregar simultaneamente eletricidade, eletrônica e tecnologias de informação em ambientes residenciais, permitindo assim capacidades de gerenciamento local ou remoto. O objetivo geral buscou compreender a importância da automação residencial e de suas tecnologias para a sociedade. Para a elaboração do trabalho foi utilizada a metodologia da revisão de literaturas de caráter qualitativo e descritivo com pesquisas, levantamentos bibliográficos em livros, sites escritos por autores renomados nos últimos anos. Conclui-se que a automação residencial, também conhecida como domótica, refere-se à integração de tecnologias que visam proporcionar aos usuários a capacidade de regular o acesso aos equipamentos instalados em suas residências. Este sistema permite uma interação entre dispositivos, possibilitando que eles operem em conjunto, um em função do outro.

**Palavras-chave:** Automação. Automação Residencial. Domótica. Casa inteligente.

## Abstract

The conscious consumption of electrical energy is intrinsically linked to a more rational use of it, and encompasses a set of practices adopted by individuals in their homes. It is feasible to mitigate the occurrence of waste by adopting practices that promote resource savings in a wide range of production processes, through the correct use of new technologies and their subsequent adoption. Home automation can be defined as a set of services provided by integrated technological systems, aiming to promote security, communication, energy management and comfort in residential and commercial environments. This system was developed with the aim of simplifying daily activities. To achieve this, it is possible to install a wide range of devices, such as lighting, air conditioning systems, air conditioners, heaters, electronics, sensors, alarms, among others. In the field of smart home automation, it is feasible to simultaneously employ electricity, electronics and information technologies in residential environments, thus enabling local or remote management capabilities. The general objective sought to understand the importance of home automation and its technologies for society. To prepare the work, the methodology of qualitative and descriptive literature review was used with research, bibliographical surveys in books, websites written by renowned authors in recent years. It is concluded that home automation, also known as home automation, refers to the integration of technologies that aim to provide users with the ability to regulate access to equipment installed in their homes. This system allows interaction between devices, enabling them to operate together, one in function of the other.

**Keywords:** Automation. Home automation. Home automation. Smart home.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a concepção do termo “domótica”, que se refere à integração de mecanismos automáticos num espaço com o objetivo de simplificar o cotidiano das pessoas, reduzindo a necessidade de comunicação, conforto e segurança. Automação refere-se a um conjunto de tecnologias com capacidade de programar eventos em um determinado ambiente de forma a automatizar o funcionamento de diversos equipamentos e sistemas, bem como a conectividade à internet. De modo geral, a automação nas residências visa criar uma casa inteligente. A Internet das Coisas (IoT) é uma das tecnologias mais essenciais nesse processo, com o objetivo de proporcionar aos moradores mais comodidade e praticidade por meio do controle e gerenciamento remoto de todos os ambientes.

Seja como for, qualquer melhoria que envolva a área de automação residencial é fundamental para localizar um elo dessa importância para a comodidade do dia a dia de uma pessoa com deficiência física. Todo esse controle é realizado com a utilização de um simples dispositivo móvel conectado à internet, como um smartphone ou tablet, permitindo ao usuário controlar os eletrodomésticos de qualquer local. Também é possível configurar sensores, fechaduras e luzes, por exemplo, para que um comando específico seja executado automaticamente. Além de facilitar a vida, é possível projetar uma casa totalmente personalizada de acordo com o estilo de vida, necessidades e hábitos do dia a dia.

Isso, por sua vez, torna necessário o avanço do conceito de casa inteligente na busca de introduzir conforto e comodidade na realização das atividades diárias, bem como comunicação remota e segurança aos seus depositários. Em outras palavras, o objetivo dos sistemas automatizados é facilitar a vida de todos. Contudo, no Brasil, particularmente nas áreas mais rurais, estes sistemas têm um elevado valor financeiro. Surge assim uma problemática a ser analisada: Qual o impacto da automação em sistemas elétricos residenciais para a classe trabalhadora e consumidora?

O objetivo geral buscou compreender a importância da automação residencial e de suas tecnologias para a sociedade. Já os objetivos específicos buscaram: discutir o conceito de automação, descrever a automação residencial e suas características e entender os tipos de automação elétrica residencial.

A metodologia utilizada foi uma abordagem qualitativa descritiva, de tipo revisão de literatura. Esse tipo de metodologia possibilita a síntese de informações já existentes e as conclusões a partir do tema proposto. Para a elaboração do trabalho foi feita uma revisão de literatura, baseada em artigos, livros, relatos de experiência e monografias, publicados no Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras.

Na pesquisa foi realizada a leitura analítica de forma que as teorias levantadas conduzam a obtenção da resposta ao problema de pesquisa apresentado. O período utilizado para busca compreenderá os últimos 10 anos. Além disso, foram consultados livros de renomados autores da área de automação elétrica residencial como: Prudente (2011), Mura-tori (2013), Almeida (2016), entre outros, a fim de enriquecer e fundamentar a análise.

## 2. AUTOMAÇÃO

A palavra Automação, ou Automatização, no latim Automatus, que significa, que significa “automovimento”. Em geral, concede acesso a um conjunto de ferramentas que lhe



permitem exercer o controle de forma automática, sem necessidade de intervenção humana. Neste contexto, um projeto de automação, seja residencial ou industrial, é a instalação de soluções para a maioria das residências e indústrias conectadas (ou inteligentes), que exigem amplo conhecimento de um integrador de sistemas, que é delineado entre o profissional e o cliente para atender às necessidades individualizadas de cada perfil. Nesse sentido, é possível afirmar que esses profissionais são, em geral, entendedores tanto das técnicas tradicionais de instalação quanto das inovações tecnológicas específicas do mercado (SILVA; CARVALHO, 2012).

Quando se trata de automação industrial, há duas grandes categorias a serem consideradas. A primeira é a automação fixa, adequada para altas demandas de produção, realizando tarefas específicas com reconfiguração geral à medida que novas funções são adicionadas. Porém, no segundo grupo, conhecido como automação flexível, é possível realizar alterações no design dos produtos, tornando a reconfiguração rápida e fácil, promovendo mais agilidade e diversidade de produtos, e tornando desnecessária a utilização de muitos sistemas. Diferentemente, para sistemas de automação residencial são utilizados dispositivos como pequenos motores elétricos, que permitem ajustar a temperatura e garantir a segurança, o conforto e a longevidade dos lares (PRUDENTE, 2011).

Nesse tipo de projeto, os equipamentos podem ser controlados diretamente por dispositivos conectados à rede de internet e, em alguns momentos, por comandos de voz. Possuindo maior acessibilidade que os sistemas industriais, podem ser utilizados em diversos segmentos e tipos de controle residencial como: câmeras, fechaduras, lâmpadas e tomadas inteligentes, ar condicionado, controles universais, entre outros. A automação residencial, seja em apartamentos ou prédios, trata-se de um sistema tecnológico que visa proporcionar mais segurança, conforto e eficiência, com foco na economia de custos e no conforto diário de seus usuários (ALMEIDA, 2016).

Segundo a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial - AURESIDE, desde 2000, o mercado de sistemas de automação residencial e comercial tem crescido a uma taxa em torno de 10% ao ano. Exemplos de suas aplicações incluem sistemas de detecção de incêndio, controle de acesso de pessoas e veículos, monitoramento de câmeras e controles de clima e iluminação, entre outros (ARAÚJO, 2021). Esse crescimento é possibilitado não só pela facilidade de manobra, mas também pelo contexto de busca por segurança automotiva, pelo crescimento exponencial dos canais de mídia individuais via rede internet e pelo aumento do número de casos de acidentes com vítimas, com graves traumas que levam a deficiências físicas, entre outras coisas (ALMEIDA, 2016).

A relação homem-meio ambiente proporciona sensação de proteção, conforto e reconhecimento, o que contribui para o bem-estar físico e psicológico do indivíduo. Assim, sentir-se seguro num espaço reconhecido como próprio auxilia diretamente no combate ao estresse diário e na recuperação do cansaço corporal diário, ambos exigidos em ambientes públicos ou individuais. Em geral, o conceito de automação é uma forma de melhorar o ambiente de vida através do uso da tecnologia, com o objetivo de reduzir o esforço humano repetitivo e aumentar a proficiência nas tarefas rotineiras (MORAIS, 2017).

Com grande sucesso, fazendo uso dos sistemas a, as casas ficam mais confortáveis, facilitando o uso de dispositivos, reduzindo o tempo gasto em tarefas e diminuindo custos como energia elétrica. Comumente, essas casas que recebem a instalação de sistemas automatizados são denominadas como “casas inteligentes”, e os equipamentos com “Internet das Coisas” – IOT, que são utilizados na instalação de sistemas, são denominados como equipamentos de “casa inteligente” (MILAGRE, 2011). As “casas inteligentes”, que são controladas por placas como o Arduino, controlam uma variedade de sensores, como LEDs,



e também podem se conectar a outros dispositivos, como assistentes de voz, que podem executar diversas funções quando controlados (EVANS; NOBLE; HACHENBAUM, 2013).

Um dos exemplos mais destacados desse tipo de função é o serviço de assistente pessoal inteligente na nuvem, que tem como objetivo permitir aos usuários solicitar tarefas como realizar pesquisas, executar lista de músicas e até questionar fusos horários. Outro recurso de assistente pessoal na nuvem é o auxílio de voz Alexa e o Arduino Ameba, placa eletrônica dedicada ao desenvolvimento da Internet das Coisas (ALMEIDA, 2016).

O uso deste assistente virtual permite conectar-se a dispositivos e usar o *Amazon Web Service* (AWS) para executar comandos de voz, interpretá-los e tomar as ações apropriadas. Em geral, faz parte da função *Internet of Things* (AWS IOT) da Amazon (AWS) permitir a conexão de vários dispositivos à Internet para que os dados possam ser transmitidos, armazenados e analisados. Entre elas estão, por exemplo, câmeras de segurança para geladeiras, que podem ser controladas por meio desse tipo de conexão (BOLZANI, 2016).

Independentemente do dispositivo, desde que possa estar conectado à rede global de dados, ele pode participar da Internet das Coisas. Esses aplicativos transformaram dados antes ininteligíveis em informações vitais para os usuários. A união da automação e da internet das coisas é conhecida como domótica. Interação com o objetivo de melhorar o conforto, o bem-estar e a praticidade em ambientes residenciais (CAIRES; BURANI; SUETA, 2013).

## 2.1 Automação Residencial

Os primeiros automóveis residenciais inteligentes surgiram no mercado em 1970, nos Estados Unidos, quando foram lançados os modelos X-10. Os comandos foram enviados através da rede elétrica própria da residência, utilizando o conceito PLC (Power Line Carrier). Tratava-se de soluções básicas que não estavam integradas e resolviam problemas como conectar remotamente um equipamento ou acender uma luz (MURATORI; DAL BÓ, 2013).

Quando os computadores pessoais se tornaram populares na década de 1980, eles eram vistos como uma alternativa ao controle centralizado e à automação. Porém, havia alguns inconvenientes, como o fato de terem que ficar conectados o tempo todo e se houvesse algum problema, tudo ficava comprometido, mas ainda era possível utilizar seu sistema de microcontroladores e microprocessadores para desenvolver dispositivos dedicados. Era possível usar a tecnologia informática desta forma, mas não era obrigatória (ALMEIDA, 2016).

Com o passar dos anos, mais tecnologias começaram a surgir e foram gradativamente implementadas na automação residencial, como os controles remotos, que eram programáveis para utilizar tecnologia de radiofrequência e infravermelho. Em pouco tempo a revolução da internet de alta velocidade, que permite aos usuários controlarem tudo em suas casas enquanto estão longe delas. Como os dispositivos móveis agora estão interligados à rede, os usuários podem acessar suas casas enquanto estão na rua, no carro ou em qualquer outro local (BEMINE; SANTOS, 2016).

O termo “domótica”, também conhecido como “casa inteligente”, refere-se à integração de tecnologias, serviços e equipamentos com o objetivo de automatizar a casa e aumentar o conforto, praticidade, segurança e eficiência energética (ALMEIDA, 2016).



**Figura 1.** Benefícios da Domótica

**Fonte:** Almeida (2016, p.95).

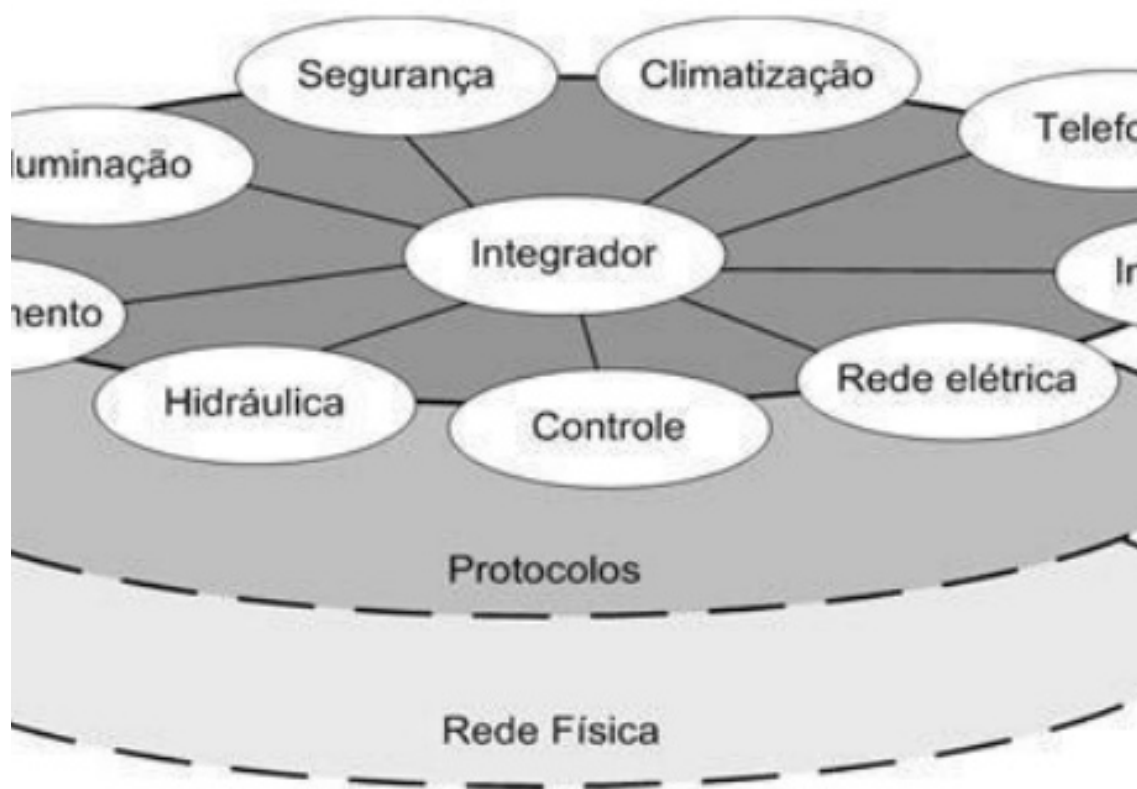
A automação residencial é um conjunto de equipamentos, sistemas e subsistemas que podem se comunicar entre si, permitindo o estabelecimento de funções independentes. É o funcionamento de dispositivos nas funções elétrica, hidráulica e de ar condicionado, permitindo a utilização de aparelhos elétricos customizados e garantindo economia de energia e água (SILVA; CARVALHO, 2012).

O grande norte da domótica veio após o surgimento e avanço de dispositivos como microprocessadores, relés e sensores, pois todas as áreas em que a automação estava presente experimentaram mudanças significativas em termos de qualidade dos equipamentos, principalmente na área de automação residencial, pois o novo equipamento poderia interagir com outros equipamentos e, talvez o mais importante, não exigia grandes quantidades de espaço reservado (ARAÚJO, 2021).

A automação residencial propõe uma mudança na infraestrutura da residência para centralizar diversos tipos de serviços e dispositivos que realizam tarefas em um único dispositivo, o integrador. A Figura 2 retrata a estrutura física necessária para o funcionamento conjunto dos serviços e equipamentos (BOLZANI, 2013).

As integrações de sistemas, bem como a capacidade de executar tais funções e comandos através de instruções programáveis, constituem uma instalação elétrica residencial totalmente automatizada. Com isso, a automação residencial pode integrar e ampliar todos os sistemas da casa, como: Instalação elétrica: como iluminação, persianas e cortinas, gestão de energia, entre outros (BERMINE; SANTOS, 2016).

Sistema de segurança: alarmes de intrusão, alarmes técnicos (vazamento de gás, inundação), monitoramento e controle de acesso. Sistemas multimídia: áudio e vídeo, som ambiente, jogos eletrônicos, além de vídeos, imagens e sons sob demanda; Sistemas multimídia: áudio e vídeo, imagens e sons sob demanda; Os sistemas de comunicação incluem telefones, redes domésticas e televisões portáteis. Os serviços públicos incluem irrigação, ventilação central, controle climático, abastecimento de água, bombas e assim por diante (ALMEIDA, 2016).

**Figura 2.** Infraestrutura de uma residência automatizada

**Fonte:** Aureside (2016)

As integrações de sistemas, bem como a capacidade de executar tais funções e comandos através de instruções programáveis, constituem uma instalação elétrica residencial totalmente automatizada. Com isso, a automação residencial pode integrar e ampliar todos os sistemas da casa, como: Instalação elétrica: como iluminação, persianas e cortinas, gestão de energia, entre outros. Sistema de segurança: alarmes de intrusão, alarmes técnicos (vazamento de gás, inundação), monitoramento e controle de acesso. Sistemas multimídia: áudio e vídeo, som ambiente, jogos eletrônicos, além de vídeos, imagens e sons sob demanda; Sistemas multimídia: áudio e vídeo, imagens e sons sob demanda; Os sistemas de comunicação incluem telefones, redes domésticas e televisões portáteis. Os serviços públicos incluem irrigação, ventilação central, controle climático, abastecimento de água, bombas e assim por diante (CAIRES; BURANI; SUETA, 2013).

Estudos mostram que alguns optam por adquirir itens de maior visibilidade, como carros e joias, enquanto outros priorizam a emancipação pessoal por meio de viagens e cursos. Com isso, as coisas relacionadas ao lar acabam ficando no fim da lista de prioridades. O cenário socioeconômico do século XXI, a crise energética e o dilema ambiental são fatores que exigem uma mudança na forma como construir casas (ALMEIDA, 2016).

As oportunidades disponíveis têm uma capacidade sem precedentes de impulsionar o mercado de residências inteligentes. Esse ambiente incentiva o desenvolvimento de serviços de automação e controle residencial socialmente significativos e rentáveis no Brasil e no mundo.

Uma das ideias fundamentais da tecnologia doméstica é a acessibilidade, que se refere a tornar todas as características de uma casa acessíveis aos seus ocupantes, incluindo crianças, adultos e pessoas com deficiência física ou mental. É possível melhorar a qualidade de vida das pessoas com deficiência ou com deficiência, tornando-as mais autônomas

e permitindo-lhes gerir as suas casas através de interfaces como tablets e smartphones (BEMINI; SANTOS, 2016).

O objetivo da acessibilidade é dar às pessoas com alguma deficiência acesso à tecnologia, servindo esse acesso como meio de promover a autonomia pessoal. Estas limitações são superadas num ambiente pensado para pessoas com deficiência e, como resultado, a domótica oferece aos seus utilizadores maior conforto, comodidade e bem-estar (ARAÚJO, 2021).

## 2.2 Tipos de Automação Residencial

A automação residencial é dividido em três graus ou classes de integração, que determinam o nível de automação de uma edificação. São elas: Classe I – Sistemas Autônomos, Classe II - Sistemas Integrados e Classe III - Sistemas Complexos (AURESIDE, 2016).

O termo “sistemas autônomos” refere-se a sistemas residenciais que podem operar e controlar suas funções pré-programadas de forma independente, ou seja, cada móvel possui seu próprio módulo de sistema independente dos demais, possui seu próprio painel de controle e funciona sem qualquer intervenção. Como exemplo, considere o sistema de irrigação de jardim de uma casa, que possui um sensor de umidade no solo e irriga o jardim conforme necessário (MILAGRE, 2011).

Sistemas complexos são aqueles que conseguem operar e gerenciar uma residência inteira por meio de um computador ou smartphone com acesso à internet. É possível integrar todos os subsistemas de uma residência com este sistema. Porém, possui um alto nível de complexidade e exige que a casa seja projetada para ser totalmente automatizada. Os periféricos atuais, como mouses, teclados e impressoras, necessitam de um meio de comunicação e também de sincronização de transmissão de dados entre eles e outro dispositivo, como um microcomputador, para funcionar corretamente e completar suas tarefas. A sincronização da transmissão de dados entre dois dispositivos é fundamental para que o sinal seja enviado, recebido e interpretado corretamente. Existem dois tipos de sincronia de transmissão de dados que serão examinados nas seções seguintes: assíncrona de dados e sincronia de dados (MURATORI; DAL BÓ, 2013).

A transmissão assíncrona é o método mais simples de projeção e se diferencia pela irregularidade no tempo de transmissão dos sinais entre o emissor e o receptor, que é estabelecido por meio de um pulso inserido no início da informação, conhecido como start, e um pulso inserido no final da informação, conhecido como stop, para cada informação enviada e recebida (SILVA; CARVALHO, 2012).

A principal característica da transmissão síncrona é a transmissão sequencial de blocos de dados em uma frequência fixa determinada por dispositivos de controle de comunicação, como os chips UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) e USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*). Ao contrário da comunicação assíncrona, que utiliza pulsos de controle (*start* e *stop*), a transmissão síncrona utiliza grupos de bits no início e no final dos blocos de dados para identificar o início e o fim de cada um. Existem três interfaces de comunicação principais entre dois dispositivos, conhecidas como portas paralela, serial e USB (PRUDENTE, 2011).

### 3. CONCLUSÃO

A ideia de automação residencial e casas inteligentes está cada vez mais presente na vida das pessoas, juntamente com a introdução e utilização de dispositivos tecnológicos, e acredita-se que esta tendência não vai desaparecer. Pelo contrário, prevê-se que haja um aumento significativo no número de casas automatizadas, bem como uma redução nos custos de instalação.

A difusão da automação residencial está ocorrendo gradativamente, principalmente como resultado da popularidade da informação e da tecnologia da informação. Vivenciamos diversos lançamentos tecnológicos e com eles surgiu a vontade de contato regular com o mundo online e acesso ao novo. Esta crescente necessidade de conforto e portabilidade leva-nos a adotar novas teorias de engenharia civil orientadas para o desenvolvimento de novas tecnologias, que culminam na automação residencial, que permite gerir a sua casa a partir de qualquer lugar através de um computador portátil.

Este artigo procurou estudar as características, aplicações e importância dos sistemas de automação residencial. Como resultado, este projeto demonstra através de uma revisão bibliográfica que a automação residencial envolve uma variedade de componentes, que vão desde sensores básicos até centros de controle sofisticados, que trabalham juntos para atender às necessidades, desejos e exigências de cada usuário. Demonstrou como a automação residencial combina tecnologias de acesso à informação e entretenimento, incluindo otimização de operações comerciais, segurança na Internet e integração total das redes de dados, voz, imagem e mídia. Essa integração proporciona ao usuário mais conforto, comodidade, rapidez e segurança.

Conclui-se que a instalação de automação residencial é viável, principalmente com base em fatores de conforto, segurança e versatilidade. Afinal, é difícil atribuir um valor monetário a estes fatores tão cruciais para a vida quotidiana das pessoas. O relaxamento oferecido por uma casa com móveis confortáveis, a possibilidade de controlar tudo com a “palma da mão” e a tranquilidade que advém de se sentir mais seguro quando estiver fora “nunca tem preço”. Relativamente às potenciais limitações que a automação residencial pode trazer aos residentes, nomeadamente no que diz respeito à sua segurança física nas suas habitações e, em particular, à sua independência para as tarefas diárias, as mesmas ampliam ainda mais a zona de conforto.

### Referências

ALMEIDA, Rodrigo D. Programação de Sistemas Embarcados - Desenvolvendo Software para Microcontroladores em Linguagem C. Rio de Janeiro: **Grupo GEN**, 2016. E-book. ISBN 9788595156371. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595156371/>. Acesso em: 20 ago. 2023.

ARAÚJO, Everton Coimbra. Aprofundamento em Flutter Framework: Desenvolva aplicações **Dart com widgets**. Brasil: Casa do Código, julho 2021.

AURESIDE. **Previsões para o mercado global de Automação Residencial**. 2016. Disponível em: <http://aure-side.blogspot.com.br/2016/10/previsoes-para-o-mercado-global-de.html> . Acesso em: 22 ago. 2023.

BEMINE, Raphael de Almeida; SANTOS, Eduardo Ferro, **Habitações Inteligentes para Pessoas Com Deficiência e Melhor Idade Baseada no Programa Casa Vida**, Graduação em Engenharia Física, Universidade de São Paulo/Escola de Engenharia de Lorena, São Paulo, 2016. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/conaerg2016/7409.pdf>. Acesso em: 10 set. 2023

BOLZANI, C. A. M. Domótica, a nova ciência do século XXI. **Revista Fonte**, p105, dez. 2013. Disponível em: <http://www.bolzani.com.br/artigos/revistafonte.pdf> . Acesso em: 20 set. 2023.

CAIRES, Luís Eduardo; BURANI, Geraldo Francisco; SUETA, Hélio Eiji. **Aplicação de sistemas inteligentes em**





**instalações elétricas residenciais.** Eletricidade Moderna, São Paulo, v. 41, n. 468, p.140-147, mar. 2013.

DOMINGUES, Ricardo Gil. **A Domótica como Tendência na Habitação: Aplicação em Habitações de Interesse Social com Suporte aos Idosos e Incapacitados**, 2013, 147p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Engenharia Urbana, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-importncia-da-domtica-para-a-sustentabilidade-das-cidades-20538>. Acesso em: 20 set. 2023

EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HACHENBAUM, Jordan. **Arduino: Em ação**. 3. ed. São Paulo: Novatec, 2013.

JUNIOR, Sergio Luiz Stevan; FARINELLI, Felipe Adalberto. **Domótica: automação residencial e casas inteligentes com Arduino e ESP8266**. São Paulo: Érica, 2019.

MILAGRE, José Antônio. Perícia Digital e a Domótica: Casa Inteligente, riscos e crimes digitais. **Computer Forensics**, 2011. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1111320761.pdf>. Acesso em: 13 set. 2023

MORAIS, Henrique Santos. **Automação residencial: sistema integrado de uma residência inteligente utilizando controlador lógico programável**. João Monlevade: Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2017. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/360>. Acesso em: 29 set. 2023

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. **Automação Residencial – Conceitos e Aplicações**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Educere Ltda., 2013.

PRUDENTE, Francisco. **Automação predial e residencial: uma introdução**. Rio de Janeiro: Ltc, 2011. Disponível em: <http://pergamum.unisul.br/pergamum/biblioteca/index.php>. Acesso em: 30 set. 2023.

SILVA, Ivan Vieira Ferreira da; CARVALHO, Sérgio Silva de. Domótica: Uma aplicação de baixo custo com acesso web. **Saber Eletrônica**, São Paulo, v. 462, n. 48, p.10-15, jun. 2012. Disponível em: [https://prpg.ufla.br/images/congresso/anais\\_CPG2019.pdf](https://prpg.ufla.br/images/congresso/anais_CPG2019.pdf). Acesso em: 09 set. 2023



# 5

OS VEÍCULOS ELÉTRICOS: A IMPORTÂNCIA DA  
FUNCIONALIDADE E OS BENEFÍCIOS

ELECTRIC VEHICLES: THE IMPORTANCE OF FUNCTIONALITY  
AND BENEFITS

João Victor Miranda Costa  
Nickolas Matheus de Sousa Lima  
Woshington Umberto da Silva Santos

## Resumo

O transporte e a mobilidade desempenham um papel significativo nas economias globais e são atividades essenciais na sociedade contemporânea. O transporte desempenha um papel fundamental na sociedade moderna, abrangendo tanto a mobilidade pessoal quanto o transporte de bens e mercadorias. Carros elétricos são veículos que operam principalmente com eletricidade. Os veículos elétricos, também conhecidos como VE, estão equipados com um ou mais motores elétricos responsáveis pela tração e propulsão. Ao contrário dos veículos convencionais que dependem de motores de combustão interna e movidos a gasolina, etanol ou diesel, os carros e caminhões elétricos utilizam motores movidos a eletricidade, que é armazenada em baterias ou células de combustível. O objetivo geral buscou compreender a importância da função dos veículos elétricos e seus principais benefícios para a sociedade. A metodologia aplicada nesta pesquisa foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis como Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e Google Acadêmico. Conclui-se, que com base na pesquisa realizada, é possível inferir que os veículos elétricos estão demonstrando um desempenho progressivamente aprimorado, aproximando-se dos carros a combustão. No entanto, é importante ressaltar que eles ainda enfrentam desafios em relação à sua autonomia limitada e aos custos elevados. No entanto, é válido destacar que essas propriedades tendem a ser superadas à medida que os fabricantes de automóveis investem mais recursos e tempo no desenvolvimento dessa tecnologia.

**Palavras-chave:** Veículos Elétricos. Estações de Recarga. Mobilidade. Análise. Carregador.

## Abstract

Transport and mobility play a significant role in global economies and are essential activities in contemporary society. Transport plays a fundamental role in modern society, covering both personal mobility and the transport of goods and merchandise. Electric cars are vehicles that operate primarily on electricity. Electric vehicles, also known as EVs, are equipped with one or more electric motors responsible for traction and propulsion. Unlike conventional vehicles that rely on internal combustion engines and run on gasoline, ethanol or diesel, electric cars and trucks use engines powered by electricity, which is stored in batteries or fuel cells. The general objective sought to understand the importance of the function of electric vehicles and their main benefits for society. The methodology applied in this research was a Qualitative and Descriptive Literature Review, in which a consultation was carried out on books, dissertations and scientific articles and reliable websites such as Latin American and Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS), *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) and Google Scholar. It is concluded that, based on the research carried out, it is possible to infer that electric vehicles are demonstrating progressively improved performance, approaching combustion cars. However, it is important to highlight that they still face challenges regarding their limited autonomy and high costs. However, it is worth highlighting that these properties tend to be overcome as car manufacturers invest more resources and time in developing this technology.

**Keywords:** Electric Vehicles. Charging Stations. Mobility. Analysis. Charger.

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de carro que utiliza eletricidade para mover-se é essencialmente simples, basicamente o veículo consiste em um carregador de baterias, um conjunto de baterias para armazenamento de energia elétrica, um motor elétrico e um controlador. Os motores elétricos diferentemente dos propulsores à combustão, utilizam a energia química armazenada nas baterias, para convertê-la em energia mecânica, permitindo que o carro se mova. É importante destacar que nos casos como o de veículos elétricos que utilizam motores de corrente alternada faz-se necessário o uso de inversores de corrente, para conversor corrente contínua das baterias em alternada para alimentar o propulsor.

Quando comparado aos veículos convencionais movidos a gasolina, a estrutura do carro elétrico é mais simples, pois não possui sistemas de partida, parada, lubrificação e troca de marchas. Na verdade, na maioria das vezes, nem requer um sistema de refrigeração. Os veículos elétricos são conhecidos como veículos de emissão zero, pois não geram substâncias nocivas ou ruídos audíveis. Isso ocorre porque os motores elétricos são mais silenciosos do que os motores a combustão.

Os veículos elétricos são vistos como potenciais substitutos dos veículos convencionais no setor de transportes, pois são descritos como tecnologias essenciais para a adequação às novas legislações e mercados e melhoria da eficiência e uso da energia elétrica no setor de mobilidade. No entanto, o objetivo deste projeto é desenvolver um estudo sucinto, por meio de uma revisão da literatura, que demonstre a viabilidade dos veículos elétricos do ponto de vista econômico. Surge assim uma problemática a ser analisada: Quais as vantagens da utilização dos veículos elétricos?

O objetivo geral buscou compreender a importância da função dos veículos elétricos e seus principais benefícios para a sociedade. Já os objetivos específicos buscaram: estudar as principais características de um carro movido a eletricidade, definir os tipos de motores elétricos mais utilizados nos veículos e abordar os principais sistemas de controle, operação e proteção dos veículos elétricos.

A metodologia utilizada será uma abordagem qualitativa descritiva, de tipo revisão de literatura. Esse tipo de metodologia possibilita a síntese de informações já existentes e as conclusões a partir do tema proposto. Para a elaboração do trabalho foi feita uma revisão de literatura, baseada em artigos, livros, relatos de experiência e monografias, publicados no Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras.

Na pesquisa será realizada a leitura analítica de forma que as teorias levantadas conduzam a obtenção da resposta ao problema de pesquisa apresentado. O período utilizado para busca compreenderá os últimos 10 anos. Além disso, foram consultados livros de renomados autores da área dos veículos elétricos como: Alamoudi (2019), Michelini (2017), Lourenço (2015), entre outros, a fim de enriquecer e fundamentar a análise.

## 2. VEÍCULOS ELÉTRICOS

No século XIX, a Revolução Industrial impulsionou a necessidade de substituir a força de trabalho manual por meio da utilização de maquinários automatizados. Como resultado, tem havido um aumento notável na necessidade de recursos energéticos e de tecnologia que explorem eficientemente esses recursos. Como resultado, ocorre o advento das



sociedades iniciais voltadas ao estudo e ao avanço científico. Neste contexto, nos Estados Unidos, o pioneiro Thomas Davenport, ferreiro, foi o responsável pela concepção do primeiro automóvel movido a eletricidade. A partir desse ponto de referência, houve um subsequente progresso no desenvolvimento de uma diversidade de veículos elétricos, com ênfase naqueles concebidos para operar em sistemas ferroviários (BORBA, 2012).

A relevância estratégica dos veículos motorizados foi inicialmente constatada no início do século XX. Durante a Primeira Guerra Mundial, os veículos motorizados desempenharam um papel crucial no transporte e abastecimento de tropas. As limitações dos recursos energéticos durante as duas Guerras Mundiais fizeram com que fosse necessário investir em estudos para desenvolver fontes alternativas de energia (FERNANDES, 2017).

Apesar de um período caótico, especialmente para os países diretamente envolvidos, as guerras trouxeram avanços tecnológicos significativos no domínio dos recursos energéticos alternativos. Lamentavelmente, os esportes destinados à pesquisa de fontes de energia alternativas ao petróleo não foram pressionados, resultando na manutenção de suas previsões econômicas como principal fonte de energia (BRANDÃO, 2011).

Os veículos elétricos não eram considerados altamente específicos para fins militares. Apesar de terem sofrido diversas melhorias ao longo dos anos, as baterias ainda apresentam um alto custo de produção e baixa eficiência em comparação com outros recursos energéticos, como petróleo e carvão. Somente na década de 1970 os veículos elétricos recuperaram destaque. A crise do petróleo levou a um aumento de 400% no preço do recurso, resultando em perturbações na economia global (SANTOS, 2018). A discussão em torno das questões ambientais emergentes, levando a uma maior conscientização por parte da humanidade sobre os impactos negativos ocasionados pelo crescimento acelerado da frota automotiva no meio ambiente. A partir daí surgem novas ideias para reverter esta situação, entre elas estão a utilização de energias limpas e veículos elétricos, principalmente aqueles utilizados no transporte público. Houve diversas iniciativas visando reintroduzi-los no mercado nesse período, mas nem os veículos elétricos puros nem os híbridos foram capazes de competir com os automóveis convencionais (FERNANDES, 2017).

Durante a década de 1980, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou impulso, levando o mundo a concentrar-se no desenvolvimento de novas tecnologias e fontes alternativas de energia, a fim de mitigar a poluição ambiental. No Brasil, tem sido observado um aumento na quantidade de ônibus elétrico trólebus, que são veículos alimentados por uma catenária de dois cabos superiores. Uma colaboração estabelecida pela estatal Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (EBTU), em conjunto com o BNDE (atual BNDES) e o Ministério dos Transportes, implementou vários sistemas em todo o país. Essas iniciativas têm recebido financiamento para valorizar ruas e avenidas das cidades, realizar reformas, renovar e reestruturar linhas elétricas e atualizar frotas de veículos. O E-400, veículo importado fabricado entre os anos de 1980 e 1983, é notável por ser o pioneiro na produção em massa de carros elétricos no Brasil (BRANDÃO, 2011).

A partir da década de 1990, houve um aumento significativo no incentivo ao uso de veículos elétricos e híbridos. O surgimento de novas tecnologias levou os países a incentivar a sua utilização através de legislação e incentivos. No ano de 1990, o estado da Califórnia distribuiu suas primeiras regulamentações de emissões zero. Em 1992, uma Agenda 21 destacou a importância dos desafios decorrentes da utilização intensiva de energia proveniente de combustíveis fósseis, além da necessidade de redução do consumo de energia nos países desenvolvidos e da exploração de alternativas viáveis de energia renovável. No ano de 1992, a União Europeia estabeleceu uma política de transportes através da formulação de uma estratégia para a mobilidade sustentável (SOUSA, 2015).



Paralelamente a este movimento, havia uma contraposição significativa por parte das grandes empresas petrolíferas, que se esforçavam para obstruir tais políticas, promovendo exclusivamente a maximização dos lucros. No final da década de 1990 e início do século 21, surgiu um automóvel híbrido de renome mundial, o Toyota Prius. Atualmente, esse veículo detém uma fatia de mercado de aproximadamente 50% no segmento de veículos híbridos, demonstrando um elevado nível de satisfação entre os consumidores. No Brasil no ano de 2012 foram registrados um total de 115 carros elétricos. Em 2013, houve um aumento de 389 carros elétricos em relação ao ano anterior, sendo a maioria deles veículos híbridos, conforme informa a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos (CALÇADO, 2015).

O país está a fazer esforços graduais para se alinhar com boas práticas para o crescimento sustentável através de leis fiscais de estímulo. Contudo, a infra-estrutura extremamente limitada e os elevados impostos que aumentam o custo dos veículos colocam obstáculos significativos ao objectivo de alcançar uma frota minimamente aceitável deste tipo de automóvel. Alguns países, como os Estados Unidos, já apresentam uma proporção superior a 4% de veículos elétricos em sua frota, incluindo tanto os veículos puramente elétricos quanto os veículos híbridos (SANTOS, 2017). A quantidade mencionada ainda é insuficiente quando comparada com a quantidade de poluentes que continuam sendo emitidas na atmosfera de forma contínua. A globalidade atual exige assistência e é incumbência de cada nação assumir a responsabilidade e adotar as ações adequadas diante dessa situação sensível (ZANETI, 2018).

A ideia de um carro movido a eletricidade é fundamentalmente direta. O veículo é composto por um carregador de bateria, um grupo de baterias para armazenamento de energia elétrica, um motor elétrico e um controlador. Ao contrário da propulsão dos motores a combustão, os motores elétricos utilizam a energia química armazenada nas baterias para transformá-la em energia mecânica, permitindo o movimento do veículo. É vital observar que em situações como as que envolvem veículos elétricos que usam motores movidos a alternador, o uso de inversores de corrente é necessário para transformar a corrente contínua da bateria em corrente alternada que alimenta a hélice (ALAMOUDI et al., 2019).

Quando comparado aos veículos convencionais movidos a gasolina, a estrutura do carro elétrico é mais simples, pois não possui sistemas de partida, parada, lubrificação e troca de marchas. Na verdade, na maioria das vezes, nem requer um sistema de refrigeração. Os veículos elétricos são conhecidos como veículos de emissão zero, pois não geram substâncias nocivas ou ruídos audíveis. Isso ocorre porque os motores elétricos são mais silenciosos do que os motores a combustão (ZANETI, 2018).

Os veículos 100% elétricos utilizam apenas a energia das suas baterias, logo a sua autonomia depende exclusivamente da capacidade da bateria. Como resultado, os veículos elétricos agora exigem um grande banco de baterias, o que aumenta o custo e o peso final do produto. Por outro lado, as baterias de veículos elétricos mais comuns têm um design mecânico simples que possibilita a reciclagem de suas partes constituintes (SOUSA, 2015).

As baterias recarregáveis mais populares no mercado global são aquelas feitas de ácido/pedra. Os tipos de bateria mais comuns no mercado são aqueles que combinam cobre com ácido. Nessas baterias, os eletrodos de cobre estão envolvidos em uma reação catalisada por ácido, onde o acetato de cobre reage com o ácido sulfúrico durante o processo de descarga para produzir sulfato de cobre e água (MICHELINI, 2017).

Apesar de ser uma tecnologia bastante ultrapassada, ainda hoje é possível equipar veículos elétricos com baterias de ácido inundado. Devido às suas características técnicas, a autonomia destes veículos situa-se apenas entre os 130 e os 200 km, tornando-os pouco



adequados para viagens longas. O tempo necessário para o reabastecimento varia de 30 minutos a 6 horas, dependendo do método de reabastecimento (PINTER; FARKAS, 2015).

Como as baterias de lítio têm maior capacidade do que as baterias inundadas e causam menos danos ambientais quando descarregadas, atualmente são amplamente utilizadas no dia a dia, tendo os preços diminuído nos últimos anos (RODRIGUES, 2018). A maioria dos veículos elétricos, computadores portáteis e telefones celulares dependem fortemente de baterias de íon-lítio. Este conceito de bateria faz uso de íons de lítio que estão presentes em motores elétricos na forma de pó que é dissolvido em solventes não aquosos. Os elétrons migram pelo circuito externo enquanto os próprios elétrons se movem pela substância que compõe o ânodo durante o processo de descarga (SANTOS, 2018).

Também é importante mencionar que as baterias recarregáveis de zinco são mais seguras do que as baterias de íon-lítio e chumbo-ácido porque podem armazenar uma quantidade semelhante de energia e são mais fáceis de usar do que as baterias de íon-lítio e chumbo-ácido, são menores e mais leves e não queime tão facilmente. Estudos demonstraram que as baterias de zinco podem ser usadas em veículos elétricos leves, como bicicletas, motocicletas e carros. Atualmente, os pesquisadores estão testando ativamente essas baterias para ver até onde a tecnologia pode ir (REVIMAQ; LOURENÇO, 2015).

Para veículos elétricos, espera-se que as novas baterias de zinco sejam 20-40% mais baratas do que sistemas similares de bateria de íon-lítio. As baterias de íons de lítio ganharam notoriedade como resultado de incidentes de segurança devido ao superaquecimento, às vezes levando a explosões de ignição. No entanto, as baterias à base de zinco não apresentam o mesmo risco de incêndio e têm potencial para superá-las em termos de energia e densidade de energia específica. Além disso, o zinco é mais facilmente disponível e mais barato.

Os motores elétricos foram desenvolvidos ao longo dos anos (Figura 1) e estão se tornando cada vez mais adequados para alimentar automóveis. É compacto e tão potente que atinge mais de 90% de eficiência e produz a quantidade certa de torque sem a necessidade de uma caixa de câmbio complexa, fornecendo torque total a partir de 0 rpm (ZANETI, 2018).

**Figura 1.** Evolução dos Motores Elétricos



**Fonte:** Zaneti (2018, p.58)

Os motores elétricos usados em sistemas de acionamento de veículos elétricos normalmente requerem características diferentes daquelas frequentemente usadas em processos industriais. Ao contrário da indústria ou do fabricante, os veículos elétricos exigem curvas e paradas frequentes, alta aceleração para partidas rápidas e a capacidade de operar em condições adversas (SOUSA, 2015).

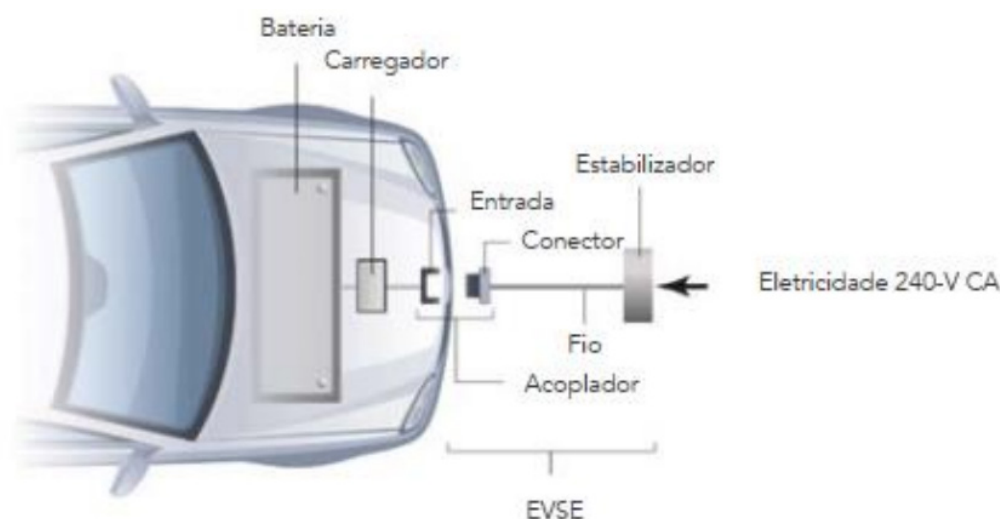
Antes do desenvolvimento e uso de motores elétricos, os motores de fio enrolado e CC eram amplamente utilizados em aplicações industriais onde era necessária velocidade variável. No entanto, eles foram substituídos por motores de corrente modificados em muitas aplicações, incluindo veículos elétricos (SANTOS, 2017).

Alguns veículos elétricos comerciais, como o Renault Express e o Renault Clio, eram movidos por motores DC no final dos anos 90. No entanto, esses motores são ineficientes e não são preferidos em veículos elétricos porque não podem atender aos requisitos de densidade de potência dos sistemas de acionamento de veículos elétricos (ALAMOUDI *et al.*, 2019).

A infraestrutura de carregamento de baterias é um requisito para a adoção generalizada de veículos elétricos. Sem vagas de estacionamento, os consumidores se sentirão constrangidos e menos dispostos a usar essa nova tecnologia. Assim, existe uma relação direta e proporcional entre a introdução e número de veículos elétricos no mercado e o tipo de infraestrutura desenvolvida (PINTER; FARKAS, 2015).

Os veículos elétricos são recarregados usando conectores (Figura 2), condutores e outras peças relacionadas. Esses equipamentos são conectados a uma porta de carregamento no veículo e fornecem eletricidade para carregar a bateria, conforme mostrado na figura a seguir. Como a rede elétrica fornece uma corrente alternada, as baterias utilizadas nos veículos elétricos devem ser carregadas continuamente. Um carregador também deve funcionar como um inversor (SANTOS, 2018).

**Figura 2.** Modelo do Carregamento do Carro Elétrico



**Fonte:** Santos (2018, p.43)

Uma carga rápida é necessária para não perder muito tempo durante uma movimentação, mas quanto mais rápida a carga, menor pode ser a vida útil da bateria, dependendo da tecnologia utilizada nas baterias. Um bom carregador é essencial para o desempenho de um veículo elétrico. É importante lembrar que quanto mais rápida a carga, mais calor será produzido nas baterias, o que diminui a vida útil da bateria (REVIMAQ; LOURENÇO, 2015).

No entanto, algumas baterias possuem sistemas de recarga para diminuir o problema de cargas rápidas; em alguns casos, a bateria é recarregada por meio do sistema de ar condicionado do veículo por meio de um evaporador, como é o caso do Toyota Prius e do Mercedes S400 BlueHYBRI.

Outro tipo de tecnologia de carregamento de baterias, como os carregadores sem fio, que são vistos com frequência em aparelhos eletrônicos como smartphones, também está sendo utilizado em veículos 100% elétricos. Este modelo de carregador é frequentemente instalado no pavimento de estacionamentos, e o tempo estimado necessário para carregar as baterias suficientemente com este tipo de sistema pode variar de cerca de 80 minutos a 12 horas (VAZ; BARROS; DE CASTRO, 2015).

A crescente penetração de veículos puramente elétricos no mercado está diretamente relacionada ao desenvolvimento de baterias. Quanto maior a densidade de energia, mais poderoso o sistema de armazenamento de energia, por isso é necessário melhorar a densidade de energia da bateria. Espera-se que as melhorias levem a baterias menores, que por sua vez levarão a veículos elétricos mais leves, menores, mais autônomos e mais baratos (RODRIGUES, 2018).

Segundo estudos realizados por diversos fabricantes de baterias, o custo médio por kWh para baterias automotivas na primeira década de 2000 girava em torno de US\$ 2.000. De acordo com previsões feitas pelo Argonne National Laboratories, esses preços subiram ao longo dos anos para até US\$ 260 por kWh. O Consórcio Americano para Baterias Avançadas (USABC) estabeleceu uma meta de preço menor de US\$ 150 por kWh (MICHELINI, 2017).

Vale à pena notar que, nas condições atuais, quase todos os fabricantes mundiais de automóveis produzem seus próprios carros elétricos. Esses acordos são alimentados por quedas constantes nos preços das baterias, regulamentos rigorosos de emissões e incentivos governamentais favoráveis aos clientes.

### 3. CONCLUSÃO

Os veículos elétricos emergiram como uma opção ecologicamente viável em substituição aos automóveis que dependem de recursos não renováveis, como petróleo, gás e carvão. Uma das principais vantagens reside na ausência de emissões de gases poluentes, o que resulta em menor impacto ambiental. No contexto brasileiro, é comum a utilização de ônibus elétricos, conhecidos como trólebus, para o transporte coletivo.

Logo sobre as novas formas de gerenciar os suprimentos energéticos, onde se busca melhorar o rendimento e aproveitamento das máquinas para melhorar o processo de utilização do sistema de produção. Logo a alta taxa de eficiência energética de um automóvel faz com que a eficiência energética do motor elétrico supere os motores de combustão interna. Além disso, os custos de manutenção de um motor movido a gasolina são maiores do que os custos de manutenção de um motor elétrico porque este último não possui uma grande variedade de partes móveis que possam quebrar.

O desenvolvimento da energia elétrica revolucionou os motores elétricos, resultando em modelos de veículos com desempenho muito bom. A confiabilidade e o desempenho dos veículos elétricos melhoraram com a melhoria da tecnologia de motores e baterias, e agora são reconhecidos como veículos compatíveis com as novas regulamentações que limitam a emissão de gases poluentes. Os veículos elétricos também possuem menos partes móveis e exigem menos manutenção, com ênfase na eficiência energética e na ope-

ração silenciosa.

Conclui-se que o objetivo deste artigo foi alcançado, onde estudo buscar compreender como a parcela significativa da indústria automotiva vê a introdução de veículos elétricos de grande porte no mercado como uma alternativa promissora para atender a essas demandas devido a leis que restringem a emissão de gases poluentes e tiram os efeitos ambientais do uso em massa de veículos movidos a combustão em conta.

## Referências

- ALAMOUDI, Yasser A. et al. **State-of-the Art Electrical Machines for Modern Electric Vehicles**. 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8714343>. Acesso em: 08 set. 2023.
- BORBA, B. S. M. C. **Modelagem Integrada da Introdução de Veículos Leves Conectáveis à Rede Elétrica no Sistema Energético Brasileiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRJ/ COPPE, 2012.
- BRANDÃO, R. L. **O automóvel no Brasil entre 1955 e 1961: A invenção de novos imaginários na era JK**. Juiz de Fora, 2011.
- CALÇADO, T. E. O. **Estudo Preliminar de Implantação de Estações de Recarga de Veículos Elétricos no Centro de Tecnologia da UFRJ**. Projeto de Graduação - Graduação Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- FERNANDES, L. M. **Estudo para a Implantação do Conceito Vehicle To Grid na Rede Elétrica do CT/UFRJ**. Projeto de Graduação - Graduação Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- MICHELINI, Aldo. **Baterias recarregáveis: para equipamentos portáteis**. Cotia: Ed. do Autor, 2017. Disponível em: <https://www.sta-eletronica.com.br/resources/downloads/ebookbateriasrecarregaveis2.pdf>. Acesso em: 08 set. 2023.
- PINTER, Laszlo; FARKAS, Csaba. **Impacts of electric vehicle chargers on the power grid**. 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7180811>. Acesso em: 01 set. 2023.
- REVIMAQ. In: LOURENÇO, Heber. **A evolução na eficiência energética de motores elétricos**. [S. l.], 29 jan. 2015. Disponível em: <https://revimaq.com/noticia/a-evolucao-naeficiencia-energetica-de-motores-eletricos/>. 01 set. 2023.
- RODRIGUES, Danilo. Como são abastecidos os carros elétricos. **Super interessante**. 18 de janeiro de 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/comosao-abastecidos-os-carros-eletricos>. Acesso em: 07 set. 2023.
- SANTOS, Ana Carolina Fabricio da Rocha. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santana do Livramento, RS, 2017.
- SOUSA, Marina Maria de Liberador Cury. **Veículos elétricos: a rede de inovação da pesquisa e desenvolvimento no brasil**. 2015. Monografia (Bacharel em Gestão de Empresas) - Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2015.
- VAZ, L. F. H.; BARROS, D. C.; DE CASTRO, B. H. R. **Veículos híbridos e elétricos: sugestões de políticas públicas para o segmento**. BNDES Setorial 41, p. 295-344, 2015.
- ZANETI, Letícia Alves Lima. **Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no brasil**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: [http://sinergia.ufsc.br/wp-content/uploads/2017/09/TCC\\_Leticia2018.pdf](http://sinergia.ufsc.br/wp-content/uploads/2017/09/TCC_Leticia2018.pdf). Acesso em: 7 set. 2023.







# 6

TRANSIÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA: A EXPLORAÇÃO DE  
ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE

BRAZILIAN ENERGY TRANSITION: THE EXPLOITATION OF  
WIND ENERGY IN THE NORTHEAST

Ana Karoline Pereira Passos  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

## Resumo

O desenvolvimento socioeconômico de uma região traz consigo uma demanda crescente pela disponibilidade de energia elétrica que permita alimentar a cadeia produtiva e atender os consumidores. Entretanto, a pressão da comunidade internacional fomentada pelas mudanças climáticas reivindica que a produção de energia seja realizada a partir de fontes limpas. A partir disso, dentre os modelos energéticos viáveis no território brasileiro, especificamente na Região Nordeste, se sobressai a energia eólica. A ampla costa litorânea da região possui como uma de suas características predominantes a presença de correntes de ar durante o ano inteiro, oferecendo grande potencial para instalação de parques eólicos e a exploração desta energia no local. O estudo seguiu o modelo de revisão bibliográfica, restringindo-se a análise de trabalhos acerca do tema em questão, gratuitos, em língua portuguesa, publicados entre 2010 e 2023 e disponíveis nas principais bases de dados científicas. O trabalho teve como foco a apresentação do potencial eólico da Região Nordeste do Brasil, demonstrar as implicações sociais e ambientais que a exploração dessa energia pode proporcionar, discutir sua evolução nas últimas décadas e compará-la com matrizes energéticas de outras regiões do Brasil.

**Palavras-chave:** Fontes renováveis, Potencial Energético, Evolução Sustentável.

## Abstract

The socio-economic development of a region brings with it a growing demand for the availability of electrical energy to power the productive chain and serve consumers. However, international community pressure, driven by climate change, asserts that energy production should be carried out from clean sources. From this perspective, among the viable energy models in the Brazilian territory, specifically in the Northeast Region, wind energy stands out. The extensive coastal area of the region has as one of its predominant characteristics the presence of air currents throughout the year, offering great potential for the installation of wind farms and the exploitation of this energy on site. The study followed the model of a bibliographic review, limiting the analysis to works on the subject in question, freely available in Portuguese, published between 2010 and 2023, and accessible in the main scientific databases. The focus of the work was to present the wind potential of the Northeast Region of Brazil, demonstrate the social and environmental implications that the exploitation of this energy can provide, discuss its evolution in recent decades, and compare it with energy matrices from other regions of Brazil.

**Keywords:** Renewable Sources, Energy Potential, Sustainable Evolution.



## 1. INTRODUÇÃO

A transição energética nacional consiste em um processo que busca a implementação de um sistema energético mais limpo e sustentável, com a utilização de fontes de energia renováveis. Com a preocupação ambiental cada vez mais presente e a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, a diversificação da matriz energética torna-se cada vez mais importante. Nesse sentido, a energia eólica tem se destacado no Brasil, especialmente na região Nordeste, que é considerada a mais propícia ao aproveitamento dessa fonte de energia.

A região Nordeste é conhecida por suas características geográficas e climáticas, que favorecem o desenvolvimento da energia eólica. Com mais de 3 mil quilômetros de costa, a região possui ventos constantes e intensos, que podem ser aproveitados para a geração de energia. Além disso, a topografia da região é favorável, com planícies e altitudes elevadas que favorecem a instalação das torres eólicas.

A energia eólica tem ganhado espaço na geração de energia elétrica no país. Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), em 2020, a energia eólica representou cerca de 10% da matriz energética do país, com capacidade instalada de mais de 17 GW. A região Nordeste é responsável por mais da metade dessa capacidade, com cerca de 9,5 GW instalados.

A expansão da energia eólica na região Nordeste tem trazido diversos benefícios, como a geração de empregos e o desenvolvimento econômico das regiões onde os parques eólicos estão instalados. Além disso, a energia eólica é uma fonte de energia limpa, renovável e de baixa emissão de gases de efeito estufa, contribuindo assim para a redução da dependência em relação às fontes de energia fósseis e para a mitigação dos impactos ambientais causados pela geração de energia.

Buscando promover um estudo acerca do processo de transição energética nacional, o presente trabalho visa apresentar de maneira concisa e coesa um estudo que explicita o potencial da região nordeste no setor de energia eólica no país. Para que, desta maneira, o conhecimento transmitido pelo trabalho possa ser aproveitado para, inclusive, fomentar novas discussões a respeito do tema em questão.

Dentro da academia, este estudo torna-se relevante a partir do momento que trata de uma temática volátil, na qual independentemente dos objetivos e análises propostas a busca pela otimização da produção de energia nacional. Não obstante, as contribuições a nível social seriam recebidas de maneira direta e indireta, visto que, com a implementação de novas matrizes energéticas o consumo de energia doméstica poderia vir a ser reduzido dentre outras possibilidades.

O presente estudo tem como objetivo geral promover uma discussão acerca da transição energética no Brasil, destacando o potencial da região nordeste nesse processo. Para alcançar este propósito, buscou-se apresentar um estudo introdutório sobre o histórico da energia eólica no país, discutir o potencial eólico a nível regional e promover um comparativo entre as diferentes regiões e suas respectivas matrizes energéticas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O trabalho consiste em uma revisão integrativa de literatura, com buscas em artigos científicos, teses, monografias e revistas veiculadas nas bases de dados do Google acadêmico, Scielo e Biblioteca Digital no período de 2010 a 2023. A busca dos estudos foi realizada no período entre agosto e novembro de 2023 e, para isso, foram utilizadas palavras-chaves ou descritores na língua portuguesa: Energia Eólica, Transição, Nordeste e Geração.

A análise dos estudos seguiu critérios de elegibilidade previamente determinados, sendo eles: (1) estudos recentes para executar a escolha da temática, garantindo maior fidedignidade; (2) manuscrito em português; (3) estudos publicados nos últimos dez anos; (4) estudos que apresentassem o processo de transição energética na região nordeste com foco em energia eólica.

Assim, foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (1) estudos que não exibiram resultados pertinentes a implantação de parques eólicos na região nordeste; (2) estudos que limitaram o acesso; (3) estudos que para ter acesso na íntegra, tinham que ser pagos.

### 2.2 Resultado e Discussão

A geração de energia eólica aproveita a força dos ventos, caracterizando-se como uma fonte abundante, renovável e ambientalmente amigável, amplamente disponível em diversas localidades. Esse processo envolve o uso de aerogeradores, nos quais a energia cinética do vento, diretamente relacionada à densidade do ar, à área abrangida pela rotação das hélices e assim como à sua velocidade, é capturada por meio de hélices que estão conectadas a uma turbina responsável por acionar um gerador elétrico (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

No contexto brasileiro, as regiões Nordeste e Norte se destacam como áreas de maior potencial para a utilização da energia eólica, devido às suas vantagens geográficas significativas para investimentos no setor. Diversas instituições estão dedicadas ao mapeamento do potencial eólico dessas regiões, especialmente ao longo da costa litorânea, caracterizada por ventos fortes e constantes ao longo de praticamente todo o ano (STAUT, 2016).

A instalação de parques eólicos em regiões rurais e costeiras com baixo desenvolvimento econômico oferece oportunidades significativas de receita para os municípios. Isso ocorre por meio da obtenção de licenças de construção, impostos sobre as empresas e receitas provenientes da operação das turbinas eólicas em terras municipais (ABEEÓLICA, 2019).

Oliveira Neto *et al.* (2016) aponta que o desenvolvimento da energia eólica no Brasil pode se expandir devido a diversos fatores favoráveis, incluindo o considerável potencial eólico, a simplicidade de implementação por meio de sistemas modulares e obras de construção civil de pequena escala, as oportunidades de aprimoramento técnico, o aumento da capacidade das unidades e a substancial redução de custos.

Além disso, Abeeólica (2019), comenta que os residentes dessas áreas podem beneficiar-se do aluguel de suas terras para empresas de energia eólica, bem como da criação de empregos durante o período de construção, que, dada a escala desses projetos, muitas vezes se estende por vários meses. Após a conclusão da construção, são criadas oportunidades de emprego na manutenção dessas instalações.



Essa fonte de energia (eólica) apresenta um baixo impacto ambiental em comparação com outras tecnologias de geração elétrica e recebe um importante apoio político por parte do Estado em muitas cidades. Esse incentivo também ocorre por interesse externo global na transição energética e exploração econômica do setor (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2016).

### 2.2.1 Evolução da Indústria Eólica no Brasil

A Constituição Federal de 1988 atribui ao Estado brasileiro a responsabilidade de planejar ações e orientar o setor privado. Essa abordagem é claramente observada no âmbito da energia, onde o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) desempenha um papel fundamental na elaboração de políticas e diretrizes para promover um “desenvolvimento nacional equilibrado”. O Ministério Federal de Minas e Energia, por sua vez, é encarregado da implementação dessas políticas no setor energético e da coordenação do planejamento energético em nível nacional (ABEEÓLICA, 2019).

Dentre as principais iniciativas governamentais desse período, merece destaque a criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), cuja missão reside em estabelecer um ambiente propício para o desenvolvimento equilibrado do mercado de energia elétrica, garantindo benefícios para a sociedade por meio de mecanismos de regulamentação e supervisão. Adicionalmente, a Aneel fomenta a pesquisa no setor elétrico através de sua publicação acadêmica, intitulada “Revista Pesquisa e Desenvolvimento, da Aneel” (PESSANHA, 2020).

A ANEEL surge como resultado do esgotamento do modelo de fornecimento de energia elétrica que estava em vigor no país até meados da década de 1990. Esse modelo era notoriamente marcado pela inadimplência e pela falta de eficiência operacional das empresas públicas concessionárias, além do uso recorrente das tarifas do setor como uma ferramenta de controle da inflação (ANEEL, 2019).

Como resultado desses desafios, o Governo Federal foi impulsionado a iniciar uma reforma estrutural no setor, por meio de processos de privatização. É possível observar que, nesse contexto histórico, o setor de energia brasileiro se alinhou com outros setores da economia, todos impulsionados por mudanças nas políticas governamentais em nível global, que buscavam novas estratégias para estimular o crescimento econômico nacional, especialmente diante dos desafios enfrentados pelo modelo econômico keynesiano (ABEEÓLICA, 2019).

No decorrer da análise do sistema setorial de energia elétrica no âmbito nacional, Pessanha (2020) identifica outras agências desempenhando papéis cruciais na formulação de políticas, regulação e promoção de atividades de pesquisa e desenvolvimento. O trabalho de tais instituições alinha-se com uma tendência global de reestruturação que visa a criação de um ambiente mais competitivo, alcançado através do aumento da participação de atores privados e da diversificação das fontes de financiamento.

Entre essas agências, merece destaque o Ministério de Minas e Energia (MME), que tem a responsabilidade de lidar com questões relacionadas à energia elétrica, gás natural, petróleo, combustíveis renováveis, geologia e mineração. O MME atua por meio de entidades autárquicas, como a Aneel, empresas de caráter público, como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e também por meio de sociedades de economia mista, a exemplo da Eletrobras (PESSANHA, 2020).

O interesse do governo brasileiro na exploração da energia eólica é evidenciado no

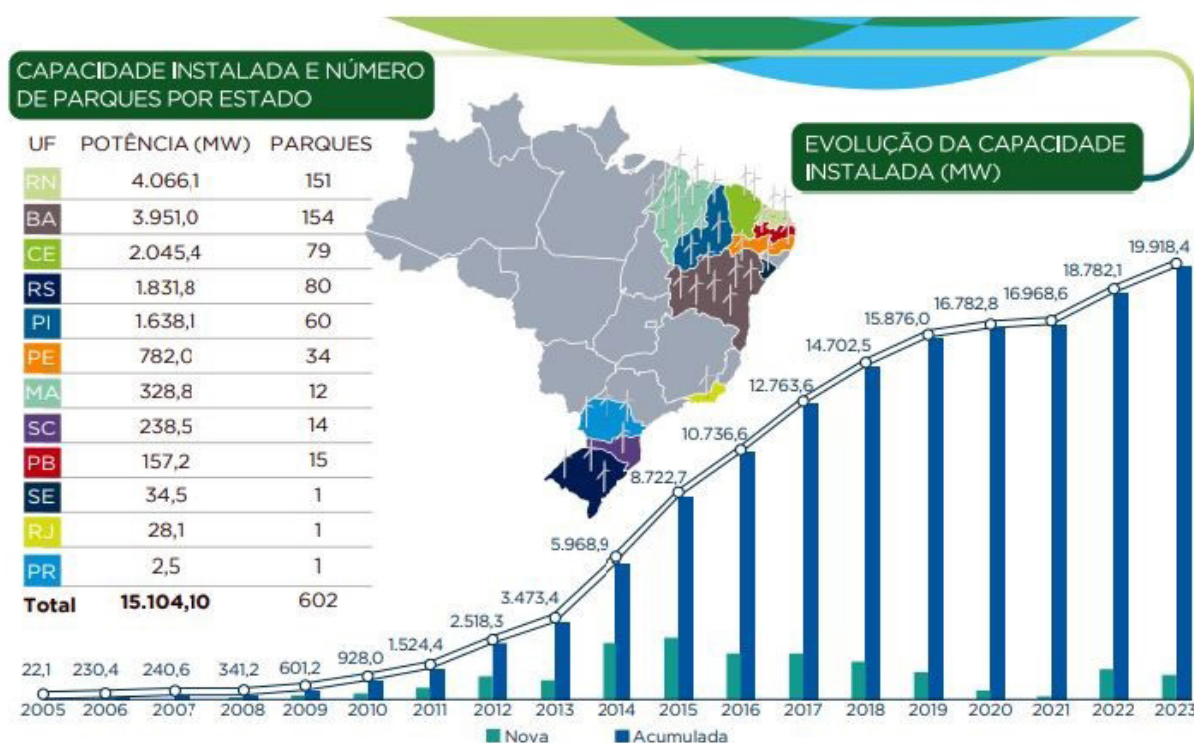


Plano Decenal de Expansão de Energia para 2019, no qual esta é descrita como uma fonte renovável que pode desempenhar um papel importante na diversificação da matriz energética do país. Tal diversificação se torna crucial devido à considerável dependência de recursos hidráulicos que variam ao longo das estações do ano, especialmente durante o inverno (GWEC, 2010).

Entretanto, as épocas de maior ventilação no Brasil coincidem com os períodos de menor eficiência na produção de energia através de fontes hidráulicas. Isso estabelece a energia eólica como uma valiosa complementação ao sistema energético predominante no país. Conforme informações da GWEC (2010), o Brasil demonstra um notável potencial de geração de energia eólica, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (STAUT, 2016).

A ANEEL dispõe de análises preliminares realizadas em 2001 que revelaram um potencial de geração de energia eólica no Brasil de cerca de 143 GW, considerando torres de 50 metros de altura. Posteriormente, por meio de estudos adicionais conduzidos entre 2008 e 2009, identificou-se um potencial estimado em aproximadamente 350 GW. Esse valor equivale ao triplo da demanda energética do país até o final de 2010, estimada em 113,4 GW (ANEEL, 2019). A figura 1 exemplificada abaixo demonstra de maneira clara a evolução da matriz eólica no país ao longo dos anos.

## Indústria dos ventos: um negócio promissor no Brasil



Mapa da produção da energia eólica nos estados brasileiros. Fonte: Aneel/ABEólica.

**Figura 1.** Evolução da matriz eólica no Brasil

**Fonte:** Aneel, 2019

### 2.2.2 A Região Nordeste: Potencial e Investimentos

A entrada do Brasil, e especificamente da região nordeste, no cenário de produção de energia eólica foi influenciada por diversos fatores, sendo um deles a reestruturação do sistema elétrico nacional que foi implementada a partir de 2003. Essa reestruturação foi adotada em um período caracterizado por apagões e medidas de racionamento de energia no país e se materializou na introdução de um novo conjunto de regulamentos para o setor elétrico (MAURICIO, 2023).

A crise de falta de energia elétrica, amplamente conhecida como “crise do apagão”, que teve seu ápice nos anos de 2001 e 2002, afetou todo o território brasileiro. Essa situação levou o governo federal, na época liderado por Fernando Henrique Cardoso, a implementar um modelo rígido de racionamento, que exigiu uma redução compulsória de 20% no consumo de eletricidade tanto para consumidores residenciais quanto industriais e comerciais (NÓBREGA, 2013).

Portanto, foi estabelecida uma quantia mensal de energia elétrica para todos os consumidores, sujeita a penalidades, incluindo multas e cortes de fornecimento de eletricidade, em caso de excesso. O governo federal implementou, ainda, um aumento nas tarifas de energia, impôs restrições à iluminação pública, proibiu o uso de energia em anúncios publicitários externos e monumentos, e suspendeu a realização de eventos esportivos após as 18 horas (NÓBREGA, 2013).

Mauricio (2023) aponta que esses problemas foram consequência da falta de planejamento energético, da redução nos investimentos em geração e transmissão de eletricidade, da proibição de empresas estatais de investir no setor, da elevada incerteza enfrentada pelos investidores privados e, por fim, da diminuição dos níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas.

O marco inicial para a incorporação da energia eólica no cenário energético brasileiro ocorreu com a implementação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, conhecido como PROINFA, estabelecido pela Lei nº 10.438/2002. Este programa, uma iniciativa governamental, tinha como objetivo principal diversificar a matriz energética nacional e estimular o mercado interno para a utilização de fontes de energia alternativas, incluindo a energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e projetos termelétricos movidos a biomassa (MME, 2020).

Segundo a ANEEL (2019), foi apenas em 2014 que o Brasil deu início a um notável processo de expansão do uso da energia eólica em sua matriz elétrica, com um acréscimo anual de capacidade superior a 1 GW. Desde então, o país tem mantido um ritmo de crescimento anual que ultrapassa esse marco, e até meados de 2019, acumulou uma capacidade instalada de 14.776 MW, distribuída entre aproximadamente 600 usinas eólicas em operação.

No Nordeste, a fonte eólica lidera, representando 35,6% da matriz elétrica regional. A capacidade instalada de geração eólica no Brasil em 2019, equivalia a 14.873 MW, sendo 12.769 MW (86%) localizados na região Nordeste. Oito dos nove Estados do nordeste possuem projetos eólicos, com ênfase para o Rio Grande do Norte (4.020 MW) e Estado da Bahia (3.770 MW) (ANEEL, 2019).

O aumento significativo do investimento na área é diretamente associado a série leilões de comercialização de energia promovidos pelo Governo Federal contemplando esta fonte energética e também à elevação de sua competitividade ante outras opções de geração (MME, 2020).

É importante destacar que, dentre os estados brasileiros, o Ceará sobressai nesse cenário, concentrando 24 unidades consumidoras e abrigando 97,6% da capacidade instalada de geração eólica distribuída em todo o país. Em contraste, o Brasil conta com cerca de 66.000 usinas fotovoltaicas em operação no modelo de geração distribuída, com uma potência combinada de aproximadamente 685 MW (ANEEL, 2019).

É necessário ponderar, no entanto, que o potencial de geração hidrelétrica economicamente viável no Nordeste está próximo de seu ápice, tornando a expansão dessa fonte de geração de energia na região muito difícil. Essa análise é respaldada pelo Plano Decenal de Expansão de Energia para 2027, elaborado por Tai (2020), que não inclui nenhum projeto de usina hidrelétrica planejado para o Nordeste durante o período do plano.

Consequentemente, a tendência é um aumento gradual na contribuição da energia eólica para a matriz de geração de energia elétrica na região nordestina. Isso ocorre porque, a energia eólica é a alternativa mais competitiva e devido à inclusão de diversos projetos nos leilões recentes, além da previsão de outros projetos no mercado livre que entrarão em operação nos próximos anos (TAI, 2020).

### 3. CONCLUSÃO

A análise abordada neste trabalho evidencia o papel crucial da energia eólica na matriz energética do Brasil, com um foco especial na região nordeste. Os resultados e discussões apresentados demonstram que a energia eólica é uma fonte abundante e renovável, aproveitando o potencial dos ventos, o que a torna uma opção ambientalmente amigável e economicamente viável para o país.

No cenário brasileiro, as regiões Nordeste e Norte se destacam como locais de maior potencial para energia eólica devido à sua vantagem geográfica, com ventos constantes ao longo do ano, principalmente ao longo da costa litorânea. A instalação de parques eólicos nessas regiões não apenas contribui para o suprimento de energia, mas também oferece oportunidades econômicas para municípios menos desenvolvidos por meio de receitas de licenciamento, impostos e geração de empregos.

A expansão da energia eólica no Brasil é impulsionada por diversos fatores favoráveis, incluindo o grande potencial eólico, a simplicidade de implementação, a redução de custos e o interesse do governo e investidores. A criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) em 2002 marcou um passo importante para a introdução dessa fonte na matriz energética nacional.

A energia eólica emerge como uma alternativa competitiva e com crescimento sustentável, desempenhando um papel crucial na busca por fontes de energia mais sustentáveis no Brasil. A energia eólica não apenas oferece benefícios econômicos e de emprego, mas também contribui para reduzir o impacto ambiental e fortalecer a segurança energética do país. A região nordeste se destaca como líder nesse movimento.

Com base nos resultados e discussões apresentados, fica claro que a energia eólica desempenha um papel fundamental na diversificação da matriz energética do país, com benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos. Para manter o progresso e enfrentar desafios futuros, é essencial continuar apoiando essa fonte de energia limpa e renovável em um cenário global de transição energética.



## Referências

ABEEÓLICA. Números Abeeólica – fevereiro de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de informações de geração. 2019

COUNCIL, Global Wind Energy. GWEC Global Wind Report. **Global Wind Energy Council: Bonn, Germany**, 2010.

MAURICIO, Francisco Raphael Cruz. Latifúndio eólico: Energia renovável, green grabbing e modernização conservadora no Nordeste do Brasil. **SER Social**, v. 25, n. 52, 2023.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2027**. 2020.

NÓBREGA, Leiliane Macário de Medeiros et al. Análise ambiental da produção da energia eólica no nordeste brasileiro. 2013.

OLIVEIRA NETO, Calisto Rocha de. **Energia eólica e desenvolvimento no terceiro milênio: reflexões a partir do Brasil, Nordeste e Rio Grande do Norte**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

OLIVEIRA, Juliana Lima; COSTA, Alexandre Araújo. Estudo de variabilidade do vento em escala sazonal sobre o Nordeste brasileiro utilizando o RAMS: Os casos de 1973-1974 e 1982-1983. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, p. 53-66, 2011.

PESSANHA, José FM; ALMEIDA, Victor A.; MELO, Albert CG. Fator de capacidade da geração eólica na região Nordeste: um estudo com dados de reanálises oriundos do MERRA-2 (global). **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE**, v. 1, n. 1, 2020.

STAUT, Fabiano. **O Processo de implantação de parques eólicos no nordeste brasileiro**. 2016.

TAI, Luciana Yeung Luk; CLARO, Priscila Borin de Oliveira; SOARES, Rodrigo Xavier. **O impacto da energia eólica no desenvolvimento econômico do nordeste brasileiro**. 2020.



# 7

## GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UM ESTUDO SOBRE A IMPORTÂNCIA DO ARMAZENAMENTO PHOTOVOLTAIC ENERGY GENERATION: A STUDY ON THE IMPORTANCE OF STORAGE

Valdemir Ferreira da Silva



## Resumo

O modelo de produção de energia renovável no mundo, permitiu avanços na idealização e execução de grandes projetos na área energética, apesar da extensa funcionalidade e diversos tipos de armazenamentos, o produto supracitado aquece a procura no mercado de energia limpa, para as indústrias e residências, apresentando-se muito competitivo. Objetiva-se nessa literatura descrever o sistema de produção das placas e os tipos de materiais utilizados na sua estrutura, partindo da evolução histórica da sua descoberta até agora, apresentar eventuais estudos que visem aperfeiçoar o processo, descrevendo as tecnologias de produção, armazenamento, controle e distribuição, além de relacionar os critérios de competitividade no mercado com a eficiência do sistema de armazenamento que está a revolucionar o setor energético. Por meio do método de revisão bibliográfica, pode-se concluir que o sistema de armazenamento fotovoltaico é de grande valia, pois se trata de um sistema onde apenas o sol será a grande fonte de captação e garantir energia limpa sem agredir a natureza, o meio ambiente agradece.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica. Armazenamento de Energia Fotovoltaica. Energia solar.

## Abstract

The renewable energy production model in the world has allowed advances in the design and execution of large projects in the energy sector. Despite its extensive functionality and various types of storage, the aforementioned product is increasing demand in the clean energy market for industries and homes, and is very competitive. The aim of this literature is to describe the system for producing the panels and the types of materials used in their structure, starting from the historical evolution of their discovery until now, to present possible studies that aim to improve the process, describing the technologies of production, storage, control and distribution, in addition to relating the criteria for competitiveness in the market with the efficiency of the storage system that is revolutionizing the energy sector. Through the literature review method, it can be concluded that the photovoltaic storage system is of great value, since it is a system where only the sun will be the great source of capture and guarantee clean energy without harming nature, the environment is grateful.

**Keywords:** Photovoltaic Energy. Photovoltaic Energy Storage. Solar Energy.

## 1. INTRODUÇÃO

No sistema de geração de energia fotovoltaica são vários equipamentos capazes de gerar energia solar fotovoltaica em energia elétrica. A célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, é a principal unidade desse processo de conversão.

Um sistema fotovoltaico é classificado como *Off-Grid* ou *On-Grid*. Os sistemas fotovoltaicos *Off-Grid* ou Isolados são aqueles que não possuem qualquer tipo de interligação com a rede de distribuição de energia, nesse caso, necessita de um sistema de armazenamento de energia. Já, por outro lado, os sistemas fotovoltaicos *On-Grid* são conectados à rede, aqueles que dependem da interconexão com a rede para realizar a transformação da radiação solar em energia elétrica. Além desses dois sistemas acima citados, tem o sistema Híbrido, esse é uma junção dos dois sistemas, pois além de ser conectado à rede, ele tem um sistema de armazenamento de energia, porém esse sistema ainda não dispõe de regulamentação.

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), o mercado de geração de energia solar vem crescendo a cada ano, considerando que projeção de crescimento é de 70% somente no ano de 2021. É necessário que a população use um novo modelo energético sustentável de fontes de energia limpa. Considerando aspectos econômicos e sociais, apresenta-se como uma alternativa viável de geração de energia renovável e confiável. Além disso, o crescimento do mercado fotovoltaico tem impulsionado a ampliação e viabilização desse sistema para a sociedade.

Considerando este contexto, para instalar um sistema de geração de energia fotovoltaica, tem que analisar qual melhor sistema escolher, o *off grid* e *on grid*. No caso do *off grid*, que precisa se um sistema de armazenamento de energia por baterias, qual o custo benefício desse sistema?

Nesse sentido, é necessário um sistema de armazenamento de energia, e o sistema mais utilizado é através de baterias. Esse processo de armazenamento tende a facilitar o usuário no tocante a autonomia, uma vez que a distribuição deste tipo de energia é fomentada por uma concessionária local. Desta forma, não existem medidores de consumo, o que contribui para expansão desta alternativa, considerando o fator baixo custo.

Para tanto, a pesquisa tem como objetivo geral descrever o processo de geração e armazenamento de energia fotovoltaica e os objetivos específicos serão: discorrer sobre os tipos de baterias, apresentar as vantagens e desvantagens dos sistemas de armazenamento de energia por baterias na geração de energia fotovoltaica e compreender por que esse sistema é pouco utilizado.

A relevância desta pesquisa consiste em ampliar os conhecimentos já existentes, além fornecer arcabouço teórico sobre a temática proposta, compreendendo que esta alternativa de geração de energia pode contribuir com as demandas dos usuários, no que se refere a consumo, além de possibilitar a redução de agentes poluentes na região. Assim, é imprescindível debater sobre esta perspectiva contemporânea, uma vez que revela benefícios a sociedade, já que a adoção desse sistema corrobora para a diminuição dos altos custos de consumo gerados por impostos no Brasil.

Para a elaboração deste, foi pertinente realizar uma Revisão de Literatura, através de artigos científicos, dissertações e teses disponibilizados na base de dados da *Scientific Electronic Library Online* – Scielo e Google Acadêmico, datados de 2013 a 2020, com os seguintes descritores: bateria; armazenamento; energia fotovoltaica, a fim fornecerem o arca-

bouço teórico necessário para a compreensão e abordagem da temática.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O estudo seguiu os princípios de uma revisão bibliográfica. Através deste tipo de pesquisa, foi possível levantar a literatura necessária para a análise e compreensão da temática proposta. Nesse sentido, o presente estudo foi de cunho qualitativo, a fim de analisar de forma crítica e subjetiva a pesquisa em questão.

As buscas foram realizadas na base de dados da *Scientific Electronic Library Online – SCIELO*, Google Acadêmico e em Revistas Eletrônica de Engenharia de Elétrica, documentos disponibilizados em sites institucionais, que possibilitaram a coleta de informações necessárias através de artigos e periódicos disponibilizados. Deste modo, foram selecionadas pesquisas publicadas entre 2015 e 2021 escritas no idioma português, com os seguintes descritores: energia fotovoltaica; armazenamento de energia; energia solar.

No tocante a coleta de dados, foi pertinente a leitura exploratória de todo o material utilizado e leitura seletiva, a fim de buscar informações mais específicas e particularizadas sobre a temática, além de analisar os registros de informações obtidos nos artigos selecionados, como por exemplo, os resultados e discussões encontrados. No que tange a interpretação e análise dos resultados, destaca-se que a pesquisa foi submetida a uma leitura analítica.

### 2.2 Resultados e Discussão

As baterias, independente do modelo, possuem características básicas comuns a todos. Dentre elas, estão os polos positivo e negativo, a carcaça rígida e a reação eletroquímica para armazenamento e liberação de energia elétrica. Dessa forma, o princípio de funcionamento das baterias se dá por uma reação química entre o lado positivo (cátodo) e o lado negativo (ânodo). As cargas elétricas se soltam de um lado e vão a caminho para o outro lado, realizando o alinhamento das partículas atômicas. Esse movimento faz com que ocorra a liberação dos elétrons (PINHO, 2014).

Um fator relevante está relacionado à qualidade dos componentes utilizados na reação química de carga/descarga, são a qualidade dos materiais utilizados na produção das baterias, quanto mais baixo a qualidade, menor será a vida útil das baterias. A vida-útil não está relacionada somente com a qualidade dos materiais utilizados na produção das baterias, mas também ao modo de uso. Por serem armazenadores de energia, a vida útil do período de fornecimento fica diretamente proporcional à intensidade em que é utilizada no sistema (PINHO, 2014).

Compreendendo os aspectos estruturantes de armazenamento das baterias, observa-se que estas podem ser utilizadas como mecanismos de depósito de energia fotovoltaicas, além de serem necessárias nos sistemas de *off-grid*, que não depende da rede de transmissão elétrica convencional (CABELLO; POMPERMAYER, 2014).

Nesse sentido, torna-se pertinente descrever os tipos de baterias utilizadas na atualidade com a finalidade de armazenamento de energia solar, compreendendo que as especificidades das baterias contemplam tecnologias diferentes e estruturas particularizadas (CABELLO; POMPERMAYER, 2014).

No mercado brasileiro, são utilizados 3 tipos de bateria para armazenamento de energia solar: bateria de chumbo-ácido, de níquel-cádmio e de íons de lítio. No que tange a bateria de chumbo-ácido, a sua composição se dá através de dois eletrodos, no entanto, o seu alto custo no mercado não condiz com a vida útil deste tipo de bateria (DIAMANDIS, 2014).

No tocante a bateria de níquel-cádmio, está também possui um alto custo de uso paralelo a uma vida útil insatisfatória. Enquanto a bateria de íons de lítio possui maior potência e durabilidade, uma vez que opera de forma reativa, armazenando uma grande quantidade de energia, possibilitando ser carregada de forma parcial (DIAMANDIS, 2014).

Considerando estas perspectivas, a viabilização de energia fotovoltaicas e seu armazenamento através de baterias, tem sido amplamente discutido. Essas alternativas tornaram-se possíveis, uma vez que a procura por este recurso é recorrente, além de fatores sociais, ecológicos e econômicos estarem associados a energia fotovoltaica (ALMEIDA *et al.*, 2016).

Destaca-se que as crises de abastecimento das hidrelétricas, elevou de forma significativa o preço da energia, afetando diretamente os consumidores. Ainda, outro fator associado para a adesão desta tecnologia – sistema fotovoltaico, é as perspectivas de buscar fontes renováveis que possam corroborar para o desenvolvimento sustentável do planeta (SILVA *et al.*, 2019).

A energia fotovoltaica caracteriza-se por ser uma energia constituída e gerada por um processo de conversão da radiação solar para eletricidade. Essa dinâmica só é possível, através de um sistema e/ou dispositivo denominado de célula fotovoltaica atuando diretamente a partir do princípio de efeito fotoelétrico (IMHOFF, 2018).

Deste modo, a utilização de fonte solar para a geração de energia elétrica, possibilita benefícios como: “a) diversificação da matriz; b) redução de perdas e alívio de transformadores e alimentadores; c) aumento de geração de empregos locais; d) aumento da arrecadação e investimentos” (SILVA *et al.*, 2019, p.14).

Esse tipo de energia pode apresentar-se através de um painel solar, conhecidos também como módulos. A estrutura destes painéis é formada por células fotovoltaicas, o conjunto desses módulos é denominado de gerador fotovoltaico, tendo como função principal a captação de irradiação solar, a fim de possibilitar a transformação em energia (PINHO; GALDINO, 2014).

Todo esse processo fotovoltaico, tanto de captação como de geração, só é possível através de baterias, que possuem a finalidade de armazenamento. À vista disso, a indústria tem buscado avançar em tecnologias de melhoria a respeito de armazenamento da energia solar, a fim de fornecer melhores sistemas e produtos para a população (ESPÓSITO; FUCHS, 2013).

Apesar de estar associado ao baixo custo no que se refere consumo, o sistema fotovoltaico ainda é um produto e alto custo, no que tange a instalação e processo operacional. No entanto, empresas do setor buscam incentivar o uso desse sistema, viabilizando a compra através de financiamentos e outros métodos de facilitação de crédito. Paralelo a esta conjuntura, as empresas fornecedoras do sistema fotovoltaicas buscam modernizar e reduzir os custos das placas, através da redução de tamanho dos módulos de captação. Estima-se que em 2021 o acréscimo de aquisição deste sistema chegará a 19,3% no Brasil, correspondendo às expectativas de avanço dessa alternativa de energia, além de favorecer a diminuição de fatores poluentes (LUIZ; SILVA, 2017).

A energia elétrica gerada através de placas solares, denominada de energia solar fotovoltaica, pode ser tanto consumida de forma imediata após a geração, como também,

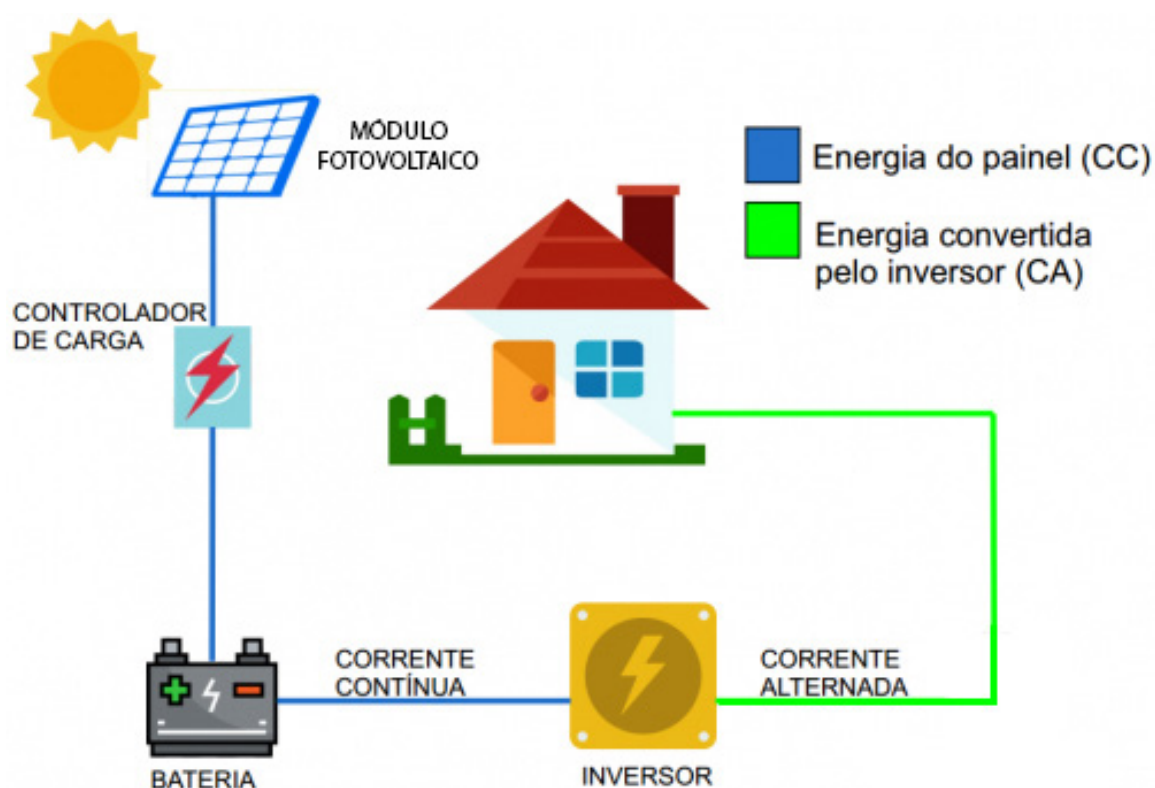


pode ser armazenada para um consumo futuro. Desta forma, torna-se imprescindível a utilização de baterias para seu armazenamento, considerando que a forma como seu armazenamento é realizado se difere no tocante ao sistema de configuração (DANTAS, 2018).

Nesse sentido, são utilizados dois tipos de configurações de sistemas fotovoltaicos, referente ao armazenamento de energia solar. Dentre estes, destaca-se o sistema *off-grid*, que se caracteriza por ser um sistema que não é necessário estar conectado à rede. Neste contexto, toda a energia consumida no imóvel é gerada e armazenada por este. Assim, a energia elétrica gerada em forma de corrente contínua - CC, passa pelo inversor, sendo convertida em corrente alternada - CA (DANTAS, 2018)

Posteriormente, a energia é enviada para o banco de baterias, passando pelo controlador de carga, aparelho que gerencia a melhor distribuição da energia entre as baterias. Por fim, após esse processo é que essa energia é utilizada para alimentar a demanda do imóvel (DANTAS, 2018); (Figura 1).

**Figura 1.** Sistema *Off-grid*



**Fonte:** Bluesol (2019).

Todo esse processo, permite a independência da rede elétrica da concessionária, corroborando para inexistência de relógio medidor e, portanto, contas de luz. Embora o sistema *off-grid* apresente essa vantagem em sua aplicabilidade e uso, destaca-se que, esta possui um alto custo para sua instalação, em especial, pelo valor alto do banco de baterias. Assim, sua instalação é realizada em áreas rurais, onde não existe fornecimento de energia convencional (CERAGIOLI, 2019).

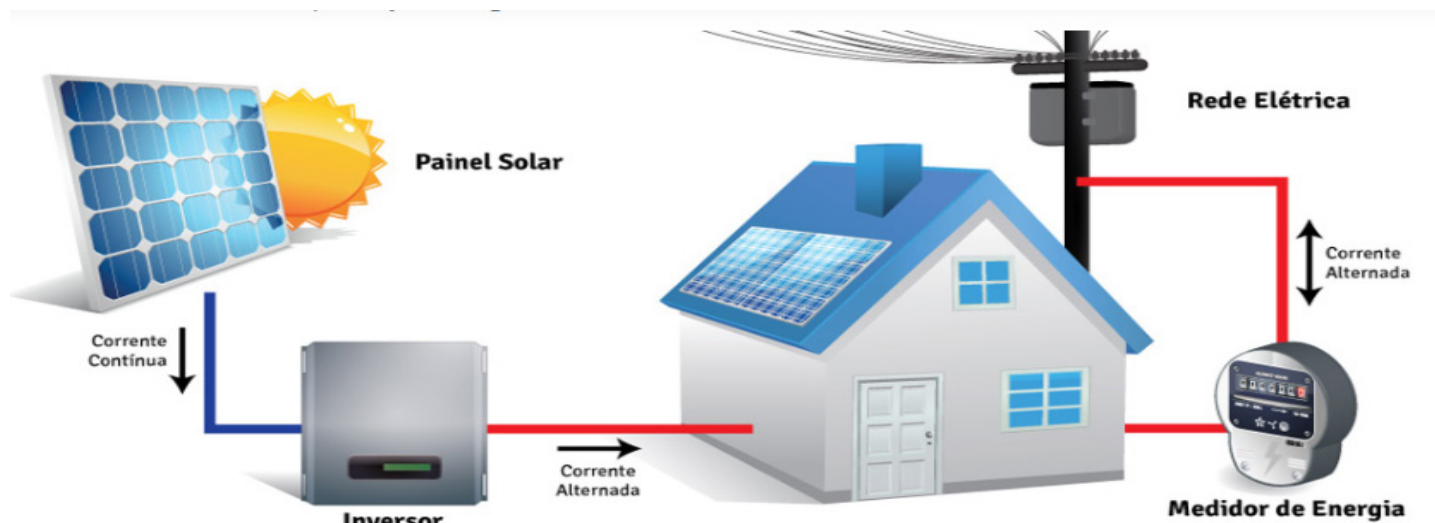
Já no sistema *on-grid*, a energia elétrica só é utilizada quando for extremamente necessária, sendo priorizadas as energias geradas pelas placas, ou ainda, àquela armazenada pelo sistema de baterias. Na dinâmica do *on-grid*, a energia gerada em corrente contínua – CC pelo painel solar é convertida em corrente alternada – CA pelo inversor, sendo esta, enviada ao quadro de luz e distribuída para o imóvel em questão (PEREIRA, 2006).

Nesse sentido, a energia que excede é enviada para a bateria e ao completar a carga



necessário, o restante da energia a passa a ser injetada na rede elétrica, constituindo créditos energéticos. No período noturno, após a carga da bateria finalizar, o sistema passar a utilizar da rede elétrica para alimentar o imóvel (PEREIRA, 2006) (Figura 2).

Figura 2. Esquema de conexão do sistema *on-grid*



Fonte: Bluesol (2019).

O sistema *on-grid* permite um menor custo, em relação ao sistema *off-grid*, uma vez que, não é necessário a atualização de muitas baterias. Além disso, permite o uso de energia solar armazenada em horários considerados de ponta, ou seja, quando o custo da energia da concessionária é maior. Ainda, a energia da bateria utilizada em contextos de queda da rede, possibilita a autossuficiência do imóvel até que a rede seja reestabelecida. Contudo, apresenta um aspecto de desvantagem, uma vez que, o imóvel continua dependente da rede elétrica e destaca-se também que, mesmo que o consumo seja zero, o consumidor ainda paga uma taxa mínima de consumo (DANTAS, 2018).

Para tanto, a fim de compreender melhor essas especificidades no que cerne ao uso de baterias para o armazenamento de energia fotovoltaica, faz-se pertinente abordar também, como é o funcionamento, bem como a estrutura dos painéis de energia solar, uma vez que, este é imprescindível para a captação de energia solar. Nesse sentido, o próximo capítulo, pretende discorrer sobre o painel solar, abordando sua estrutura e, portanto, funcionamento, permitindo assim, a geração e distribuição de energia fotovoltaica.

Diante do grande aumento de pessoas consumindo as mais diversas tecnologias, o consumo de energia elétrica expandiu, desvelando a necessidade de novas formas de captação de energia, uma delas é a energia fotovoltaica que transforma a radiação solar em energia elétrica. Desta forma, tem-se ampliado as perspectivas de instalação dessa energia, considerando também, a importância de implementar uma energia limpa, renovável e sustentável (BALDINI, 2016).

Para tanto, para possibilitar a geração de energia fotovoltaica, são necessários, além das baterias de armazenamento de energia, a placa solar, uma vez que, esta estrutura permite a captação da energia limpa. Além disso, são pertinentes a utilização de outros equipamentos para a efetivação deste tipo de energia. Assim, neste capítulo serão descritos os equipamentos, bem como suas características e suas funcionalidades, a fim de ampliar o arcabouço teórico acerca da temática em questão (BALDINI, 2016).

Os painéis solares se configuram como equipamentos que aproveitam e geram a energia elétrica, através da captação de luz solar. Neste equipamento, são utilizadas células

las fotovoltaicas silício. Comumente, são utilizadas 36, 60 ou 72 células, no qual são estruturadas em série, a fim de somar a pequena tensão de "0,55V em combinação para alcançar a tensão necessária em uma placa, que geralmente são de 18Volts, 30 Volts ou 36Volts" (ENERGIA TOTAL, 2017).

Destarte, os painéis solares possuem a finalidade de gerar energia elétrica através do efeito fotovoltaico. Este processo decorre de um fóton de luz que incide sobre a célula de silício, corroborando para a diferença de potencial, gerando então uma tensão e, portanto, a produção de corrente elétrica (RÜTHER, 2006).

As células de silício são constituídas por "duas metades de material semicondutor, combinado com outros materiais, de forma a alterar a sua estrutura eletrônica" (DANTAS, 2018, p. 98). Nesse sentido, uma das metades caracteriza-se como negativa e a outra positiva.

Observa-se que, na parte onde existe o contato entre as duas metades, denominada de área de junção-PN, prescinde a formação de um campo elétrico, que de forma direta, impossibilita que os "elétrons em excesso do lado negativo a atravessem e cheguem até a outra metade com falta de elétrons" (BLUE SOL, 2019, *on-line*). Assim, através da entrada de radiação, os elétrons das camadas externas dos átomos captam energia, doadas pelos fótons, a fim de se libertarem da força de atração dos núcleos dos átomos em questão e, portanto, possibilitando elétrons livres.

Destaca-se que, devido ao campo elétrica da junção-PN, esses elétrons tendem a se acumularem na outra metade, ou seja, na área negativa. Assim, faz-se necessário a presença de uma grade fina, feita de pasta de prata, que tem a finalidade de capturar os elétrons livres, possibilitando a formação de uma corrente elétrica (RÜTHER, 2006).

À vista, são dadas especificações no que se refere as especificações dos painéis solares em residência, segundo a regulamentação da ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (TABELA 1).

**Tabela 1.** Especificações gerais dos painéis solares residenciais

|                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Condições padrões de teste STC (STC/CPT: Irradiação de 1000 W/m <sup>2</sup> , Espectro de massa de Ar 1.5 e temperatura de célula de 25°C) |
| Máxima Potência: 250 W                                                                                                                      |
| Tolerância: 0/5 W                                                                                                                           |
| Voltagem de máxima potência: 29,8 V                                                                                                         |
| Corrente de máxima potência: 8.39 A                                                                                                         |
| Voltagem de circuito aberto: 37,6 V                                                                                                         |
| Corrente de Curto-Circuito: 8.92 A                                                                                                          |
| Voltagem máxima do sistema: 1000 V                                                                                                          |
| Eficiência do painel: 15,4%                                                                                                                 |
| Coeficiente de Temperatura da Potência: -0,42%/°C                                                                                           |
| Coeficiente de Temperatura da Corrente: 0,05 A/°C                                                                                           |
| Coeficiente de Temperatura da Voltagem: -0,32 V/°C                                                                                          |
| Temperatura Nominal de Operação de Célula: 46±2°C                                                                                           |

**Fonte:** Freitas e Miranda (2017, p.5)

Desta forma, a fim de garantir não somente a eficiência no processo de armazenamento e, portanto, de distribuição, torna-se imprescindível que os painéis solares obede-

çam a requisitos no tocante a sua estrutura, dimensão, temperatura e potência. Assim as concessionárias, devem seguir parâmetros para colocação desta tecnologia aos seus clientes, possibilitando assim, segurança e proteção a eles (GREENPRO, 2009).

Os controladores de carga estão posicionados entre os painéis solares e as baterias de armazenamento de energia. Estes dispositivos são usados para controlar a voltagem de entrada, evitando sobrecargas ou descargas excessivas, otimizando a vida útil da bateria. Assim, os painéis solares captam energia de acordo com a intensidade da radiação, provocando variações na bateria, tendo a finalidade também, de resolver problemas relacionadas a esta perspectiva (FREITAS; MIRANDA, 2017).

Na Tabela 2 serão descritas as principais funções dos controladores de carga, compreendendo que esta ferramenta é imprescindível para o bom funcionamento e processo de armazenamento da energia nas baterias, garantindo assim, uma dinâmica operacional eficiente (FREITAS; MIRANDA, 2017).

**Tabela 2.** Funções do controlador de carga

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Corrente de alimentação maior que a corrente de descarga automática (para compensar a descarga automática, mas menor que a corrente máxima de carga para evitar a destruição da bateria);                                                                                                                                          |
| Implementação de um algoritmo eficaz de descarga / carga para um determinado tipo de bateria (NiMH, Ni-Cd ou Li-Ion) com uma determinada composição química dos componentes;                                                                                                                                                       |
| Compensação por diferenças nos fluxos de energia quando a energia é fornecida ao consumidor enquanto a bateria está sendo carregada (por exemplo, carregando a bateria quando o laptop é alimentado pela rede elétrica);                                                                                                           |
| Medição de temperatura (usando um sensor de temperatura) para desligamento de emergência da carga fria ou durante superaquecimento (para evitar danos à bateria) Medição de temperatura (usando um sensor de temperatura) para desligamento de emergência da carga fria ou durante superaquecimento (para evitar danos à bateria); |
| Medição de pressão (usando um sensor de pressão) para desligamento de emergência da carga em caso de vazamento de gás (para evitar explosões e vazamentos).                                                                                                                                                                        |

**Fonte:** Energia Solar (2020, *on-line*).

Destarte, os controladores de carga evitam a sobrecarga da bateria, protegendo-as também, das sobretensões, minimizando problemáticas associadas ao tempo de vida útil destas, permitindo assim, melhores condições para o desempenho das baterias (DUFFIE, 2008).

O inversor solar possui a finalidade de inverter a energia elétrica gerada pelos painéis solares, em energia de corrente contínua (CC) transformando-a em energia de corrente alternada (CA). Destaca-se ainda, objetiva também garantir a segurança do sistema e medir a energia gerada pelas placas. Em residências, o inversor solar geralmente é instalado perto do quadro de luz, em uma área específica, abrigado do sol, do calor e da água (MESSENGER; VENTRE, 2018).

A escolha do inversor solar dependerá das necessidades e demandas do consumidor, podendo ser classificados em *on-grid* ou *off-grid*, como supracitado anteriormente. Ainda, possibilita maior segurança ao sistema de geração e armazenamento de energia. Quanto a sua dinâmica estrutural, um inversor solar típico possui três circuitos: "um oscilador, que converte a tensão contínua pura em pulsos de tensão. Os pulsos são necessários pois

o transformador só opera em correntes que variam” (FERNANDES, 2008, *on-line*).

Desta forma, o transformador torna-se o próximo circuito, no qual irá levar os pulsos de baixa tensão do oscilador “e fazer a conversão para corrente alternada através do fenômeno conhecido como indução eletromagnética.” (FADIGAS, 2019). Assim, faz-se necessário um circuito regulador, que possibilite estabilizar a saída do inversor e, portanto, proteger a instalação elétrica contra os picos de tensão.

Todo esse processo, bem como, a correta instalação dos dispositivos permite o bom processamento e armazenamento adequado da energia solar, minimizando excessos e corroborando para segurança de todo o sistema, seja ele residencial ou não. No entanto, apesar da tecnologia fotovoltaica ser uma tendência positiva para o consumidor e também para o mercado nacional e/ou mundial, esta perspectiva não é tão acessível para a população, tendo em vista, o alto custo dos dispositivos e instalação destes (DANTAS, 2018).

### 3. CONCLUSÃO

A partir da literatura elencada para esta pesquisa, entende-se que o armazenamento de energia solar é imprescindível para a promoção deste tipo de energia. Visando melhores resultados no meio ambiente, a energia solar deve ser amplamente discutida na contemporaneidade, de modo a garantir maior sustentabilidade. Para tanto, observou-se que esse sistema tem ganhando cada vez mais notoriedade devido seu custo-benefício a longo prazo.

### Referências

- ALMEIDA, E., ROSA, A., DIAS, F., BRAZ, K., LANA, L., SANTO, O., Sacramento, T. **Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica.** 2017.
- BALDINI, Ruberval. **Potencial de Geração de Energia Elétrica com Sistemas Fotovoltaicos.** 2016.
- BLUESOL. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.** 2019. Disponível em: <https://bluesol.com.br/franquia-de-energia-solar-blue-sol/>. Acesso em: 25 set. 2023.
- CABELLO, A. F.; POMPERMAYER, F. M. **Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico.** Brasília: Ipea, 2014.
- CASTRO, R.S. **A realidade da energia solar no Brasil.** 2021. Disponível em: <https://www.canalbioenergia.com.br/a-realidade-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 20 set. 2023.
- CERAGIOLI, Paulo César. Manual de Energia Solar Fotovoltaica. 2019 Disponível em: <http://rf.com.br/sites/rf.com.br/iles/docs/SolarMan97.pdf>. Acesso em: 12 de out. de 2021. Acesso em: 29 set. 2023.
- DANTAS, S.G. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico.** 2018. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD\\_2388.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf)[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD\\_2388.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8400/1/TD_2388.pdf). Acesso em: 12 set. 2023.
- DIAMANDIS, P. **Solar energy revolution: a massive opportunity.** New York: Forbes, Sept. 2014.
- ENERGIA TOTAL. **Como funciona o painel fotovoltaico.** 2017. Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico-e-do-que-sao-feitos><https://www.energiatotal.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico-e-do-que-sao-feitos>. Acesso em: 30 de set. de 2023.
- ESPÓSITO, A. S. E FUCHS, P. G. (2013) **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil.** Revista do BNDES, 2013.
- FADIGAS, E.A. **Dimensionamento de fontes fotovoltaicas e eólicas com base no índice de perda de suprimento e sua aplicação para atendimento à localidades isoladas.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

- FERNANDES, B.C. **Centros Sociais Solares**. 2008. Rev. De Eng Elétrica. Ed. 18. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.
- FREITAS, M.G. MIRANDA, A.A. **Custo/benefício e implantação de sistema fotovoltaico**. 2017. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/CustoBeneficio%20e%20Implata%c3%a7%c3%a3o%20de%20Sistema%20Fotovoltaico.pdf>. Acesso em: 30 set. 2023.
- [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: 27 set. 2023.
- IMHOFF, J. **Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos** autônomos, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS. 2018.
- LUIZ, B. S. E SILVA, T. S. **Energia fotovoltaica: um retrato da realidade brasileira**. Artigo Científico in: INOVAE - ISSN: 2357-7797, São Paulo, Vol.5, N.2, 2017.
- LUQUE, A. HEGEDUS, B.C. **Handbook of photovoltaic science and engineering**. Wiley. 2006.
- MESSINGER, R.; VENTRE, J. **Photovoltaic Systems Engineering**. CRC Press. Boca Raton London New York Washington, D.C, 2020.
- PEREIRA, E. B. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: Inpe, 2006
- PINHO, J. T. e GALINDO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESEB. Março de 2014. Disponível em:
- QUASCHNING, V. **Understanding Renewable Energy Systems**. London: Earthscan, 2006
- RÜTHER, Ricardo et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://bit.ly/pPmCE3>. Acesso em: 29 set. 2023.
- SHEER, H. Economia Global Solar. **Estratégias para modernidade ecológica**. Rio de Janeiro: CRESES-CEPEL, 2019.
- SILVA, L.S, ASSUNÇÃO, R.F. SOBRINHO, D.C. FREITAS, E.S. ASSUNÇÃO, W.F. **Avaliação de Custo Benefício da Utilização de Energia Fotovoltaica**. 2019.
- TOLMASQUIN, M.T **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Cernegia, 2019.







# 8

O PODER DA ELETRICIDADES NAS RUAS: A ASCENSÃO DOS  
CARROS ELÉTRICOS  
THE POWER OF ELECTRICITY ON THE STREETS: THE RISE OF  
ELECTRIC CARS

Yuri Augusto Lopes Abreu  
Ronaldo de Jesus Barros

## Resumo

A pesquisa foi realizada com o intuito de compreender a crescente popularidade dos veículos elétricos, impulsionada por preocupações ambientais e esforços para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. O estudo analisou as vantagens dessa transição, incluindo eficiência energética, custos operacionais reduzidos e desempenho superior dos veículos elétricos. Além disso, a pesquisa abordou desafios críticos, como a necessidade de desenvolver infraestrutura de carregamento e adotar fontes de energia sustentáveis. Foram exploradas diversas tecnologias de motores elétricos e opções de armazenamento de energia, como baterias de lítio, lítio-enxofre, chumbo-ácido, níquel-cádmio, entre outras. A análise destacou a evolução dessas tecnologias e seu potencial para impulsionar a transição para a mobilidade elétrica e fontes de energia limpa. A pesquisa conclui que a revolução dos veículos elétricos é uma resposta necessária às preocupações ambientais e à busca por alternativas sustentáveis aos combustíveis fósseis. A transição para veículos elétricos traz benefícios consideráveis, mas requer um esforço contínuo para superar desafios, como a infraestrutura de carregamento e a busca por fontes de energia mais limpas. A evolução das tecnologias de motores elétricos e armazenamento de energia desempenha um papel fundamental nesse processo de transição.

**Palavras-chave:** Carros elétricos, Novas tecnologias, Motores elétricos, Baterias, Transmissão de energia.

## Abstract

The research was carried out to understand the growing popularity of electric vehicles, driven by environmental concerns and efforts to reduce dependence on fossil fuels. The study analyzed the advantages of this transition, including energy efficiency, reduced operating costs and superior performance of electric vehicles. Additionally, the research addressed critical challenges such as the need to develop charging infrastructure and adopt sustainable energy sources. Various electric motor technologies and energy storage options were explored, such as lithium, lithium-sulfur, lead-acid, nickel-cadmium batteries, among others. The analysis highlighted the evolution of these technologies and their potential to drive the transition to electric mobility and clean energy sources. The research concludes that the electric vehicle revolution is a necessary response to environmental concerns and the search for sustainable alternatives to fossil fuels. The transition to electric vehicles brings considerable benefits, but requires continued effort to overcome challenges such as charging infrastructure and the search for cleaner energy sources. The evolution of electric motor and energy storage technologies plays a fundamental role in this transition process.

**Keywords:** Electric cars, new technologies, Electric motors, Batteries, Power transmission.



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a indústria automotiva passou por uma transformação significativa, impulsionada pelo crescente interesse em veículos elétricos como resposta às preocupações ambientais e à busca por alternativas aos combustíveis fósseis. Essa transição representa um tema de extrema relevância, uma vez que a indústria automobilística desempenha um papel significativo nas emissões de gases de efeito estufa e na poluição do ar. Os carros elétricos têm sido apontados como uma solução mais sustentável e amigável ao meio ambiente, pois não emitem gases de escape nocivos e contribuem para a redução da dependência de combustíveis fósseis.

Entretanto, um desafio importante surge quando se considera a produção de energia necessária para carregar esses veículos. A fonte de energia utilizada para recarregar os carros elétricos pode ser uma fonte significativa de emissões de dióxido de carbono e outros poluentes, dependendo da matriz energética de cada região. Portanto, a questão central que este trabalho se propõe a investigar é: Como podemos garantir que a energia utilizada para carregar carros elétricos seja sustentável e livre de emissões prejudiciais ao meio ambiente?

A justificativa para abordar esse tema reside na necessidade de compreender e solucionar o dilema ambiental que envolve a ascensão dos carros elétricos. Embora esses veículos apresentem vantagens consideráveis em termos de redução de emissões durante o uso, é essencial reconhecer que a sustentabilidade ambiental depende da origem da eletricidade utilizada. Portanto, investigar como garantir a sustentabilidade na geração de energia para carros elétricos é fundamental para maximizar os benefícios ambientais dessa tecnologia.

Além disso, a pesquisa se justifica pela complexidade das implicações sociais, econômicas e ambientais da transição para veículos elétricos. Essa mudança não afeta apenas a indústria automobilística, mas também tem repercussões significativas nos setores de energia e infraestrutura de transporte. É crucial explorar como a transição para carros elétricos pode influenciar a sociedade, a economia e a tecnologia, além de analisar o impacto de políticas públicas que incentivam a adoção desses veículos.

Diante desse contexto, os objetivos gerais deste trabalho é promover o carregamento sustentável de carros elétricos, garantindo o uso de energia livre de emissões prejudiciais ao meio ambiente. Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: desenvolver baterias mais eficientes e acessíveis, estabelecer políticas de incentivo à compra de carros elétricos, melhorar a autonomia dos veículos elétricos e expandir a infraestrutura de recarga. Cada um desses objetivos específicos corresponde a um passo fundamental na busca pela sustentabilidade na transição para veículos elétricos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O presente estudo adotará uma abordagem metodológica de Revisão de Literatura. A condução deste escrutínio implica na meticulosa identificação e extração de conteúdo relevante de fontes bibliográficas variadas, incluindo livros, dissertações e artigos científicos, obtidos através de distintas plataformas de pesquisa, a saber, Google Acadêmico, Biblioteca USP, Biblioteca UNICAMP e Biblioteca UEL. O escopo da revisão bibliográfica é

orientado para o propósito de proporcionar uma síntese abrangente do estado atual do conhecimento em relação ao tema em questão, bem como sugerir diretrizes para futuras pesquisas. Para efeitos de limitação temporal, apenas serão consideradas fontes publicadas nos últimos 23 anos. A condução da busca bibliográfica será pautada pelo uso das seguintes palavras-chave: “carros elétricos”, “emissão de carbono”, “transmissão de energia”, “novas tecnologias”, “motores elétricos” e “baterias”.

## 2.2 Resultados e Discussão

### 2.2.1 Infraestrutura de recarga de bateria

Uma das principais limitações à adoção de veículos elétricos, além do alto custo e da autonomia limitada, é a falta de infraestrutura de recarga. A infraestrutura de carregamento inclui dispositivos de recarga, medição de consumo de energia e sistemas de cobrança, geralmente instalados em estacionamentos de longa duração e áreas públicas. As estações de recarga podem ser categorizadas da seguinte maneira.

- doméstico: que inclui garagens de casas e apartamentos residenciais podendo ser usado para abastecer carros elétricos durante toda a noite;
- local de trabalho: que inclui garagens de escritório onde os carros elétricos podem ser abastecidos em 7-8 horas;
- público: que inclui vias públicas e em locais de estacionamento demorado como supermercados e shoppings onde a recarga de baterias pode ser feita em cerca de 3-4 horas (se a recarga for rápida) ou 20-30 minutos (se a recarga for muito rápida – Quick charge);
- troca de bateria (swap) – modelo Quick drop: estações de bateria semelhantes em conceito de postos de gasolina onde a troca de baterias é realizada em 2-3 minutos. (INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS, 2010)

### 2.2.2 Experiências internacionais

Diversos países têm demonstrado iniciativas para o desenvolvimento de infraestruturas de recarga de veículos elétricos. Em 2009, o governo português lançou o Programa para a Mobilidade Elétrica em Portugal, visando estabelecer uma rede de carregamento denominada Mobi. E acessível em todo o país, compatível com todas as marcas de veículos elétricos e aberta a todos os operadores (ADENE, 2015). A rede Mobi. E busca promover a adoção de veículos elétricos, posicionar Portugal como referência internacional em soluções de carregamento e atrair investimentos (ADENE, 2015).

Na Holanda, a empresa Fastned estabeleceu uma parceria com a ABB para criar a maior rede de carregamento rápido do país, composta por cerca de 200 postos que recarregam veículos em 15 a 30 minutos (AUTOMOTIVE BUSINESS (a), 2015).

A Tesla Motors, nos Estados Unidos, Europa e Ásia, implementou as estações Superchargers em 2012, oferecendo carregamento rápido e gratuito para proprietários de carros Tesla, com 131 estações nos EUA, 98 na Europa e 36 na Ásia (TESLA, 2014).

Na França, a Renault instalou coberturas fotovoltaicas em várias de suas fábricas, gerando 59 MW de energia, equivalente ao consumo anual de uma cidade com 15 mil habitantes (AUTOMOTIVE BUSINESS (b), 2015).



### 2.2.3 Iniciativas no Brasil

A Renault inaugurou um sistema de painéis fotovoltaicos em sua unidade em São José dos Pinhais, Paraná, chamado Complexo Airton Senna, com uma área total de 132 metros quadrados. Esses painéis geram energia solar utilizada para abastecer os veículos elétricos da marca, incluindo modelos como Zoe, Twizy e Kangoo, além de fornecer energia para a iluminação próxima às instalações. O conjunto consiste em 80 placas capazes de gerar 20 kWh de energia de forma contínua durante o dia, mesmo em condições nubladas, o que é suficiente para recarregar totalmente as baterias de um veículo elétrico em apenas 2 horas (AUTOMOTIVE BUSINESS (b), 2015).

### 2.2.4 Cenário internacional

De acordo com Mock e Yang (2014), diversos países têm implementado incentivos públicos para equiparar os preços dos veículos elétricos aos dos veículos convencionais, com o objetivo de impulsionar suas vendas. Esses incentivos englobam subsídios diretos, benefícios fiscais e economia no custo de combustível. Esses países demonstram um compromisso significativo em promover a adoção de veículos elétricos por meio de medidas financeiras e regulatórias que tornam essa opção de mobilidade mais acessível e atrativa para os consumidores.

### 2.2.5 Subsídios diretos

São oferecidos por uma série de países na compra de um carro elétrico, como:

- França: carros com emissões de CO<sub>2</sub> inferiores a 20 g/km recebem um bônus único de 7.000 euros e, para carros entre 21 e 50 g/km de emissão de CO<sub>2</sub>, como o Volvo V60 plug-in, o bônus é de 5.000 euros. O valor do incentivo não pode exceder 30% do preço de compra do veículo, incluindo o VAT (valueadded tax) 4 e o custo da bateria.
- Reino Unido: desde 2011, os consumidores que compram um carro elétrico novo (totalmente elétrico ou híbrido plug-in) que emite menos de 75 g de CO<sub>2</sub>/km recebem um bônus de 25% do valor do carro, até a um máximo de 5.000 libras (cerca de 5.800 euros).
- Suécia: programa executado de 2012 a 2014, em que um máximo de 5.000 carros com emissões de CO<sub>2</sub> de 50 g/km ou menos, receberam, uma única vez, 40.000 coroas suecas (cerca de 4.500 euros).
- EUA: um programa de subsídio federal permite um bônus único, dependendo da capacidade da bateria do carro, de até um máximo de 7.500 dólares em forma de crédito fiscal. Para o Renault Zoe (totalmente elétrico), o bônus seria de 7.500 dólares enquanto que para o Volvo híbrido plug-in V60 seria de 5.400 dólares. Na Califórnia, há outro programa de subsídio no nível estadual concedendo, de uma única vez, aos compradores dos carros totalmente elétricos mais 2.500 dólares e para o híbrido plug-in 1.500 dólares.



## 2.2.6 Incentivos fiscais

São elementos importantes para estimular a compra dos veículos, existindo quatro principais categorias:

- VAT (value-added tax): no Japão o imposto é de 5% enquanto na Dinamarca, Noruega e Suécia é de 25% aplicando-se, geralmente ao preço base do veículo, excluindo qualquer imposto sobre compra e registro. Quanto aos carros totalmente elétricos a Noruega é o único país que exclui carros totalmente elétricos do pagamento de VAT, o que representa uma redução do preço, para o Renault Zoe, por exemplo, de 4.500 euros. Entretanto, na Noruega assim como em outros países, a isenção do VAT para os carros híbridos plug-in não se aplica. Em alguns países a incidência do VAT para os carros elétricos é maior do que para os carros convencionais, isto porque o seu preço base é maior e sujeito a um VAT maior, mesmo após o pagamento de bônus, como ocorre na China e no Japão. Na Alemanha, o Renault Clio, que é um carro convencional com preço base de 13.277 euros está sujeito a 2.523 euros, enquanto o Renault Zoe, com preço base de 21.422 euros é taxado em 4.070 euros de VAT. Na Alemanha a alíquota de VAT é de 19% para carros enquanto que outros produtos como alimentos, livros e flores a alíquota é de 7%.
- one-time purchase/registration tax (imposto único de compra/de registro): alguns países cobram um imposto sobre a compra ou registro do veículo, além do VAT, e proporcionam uma redução de impostos para os carros totalmente elétricos. Na Holanda o imposto depende do nível de emissão de CO<sub>2</sub> do veículo, com taxas mais elevadas para diesel do que para os veículos a gasolina. Veículos a gasolina com menos de 95 g/km (gasolina) ou a diesel com menos de 88 g/km estão isentos do imposto de registro. No caso do Renault Zoe, o valor do benefício equivale apenas a 500 euros, uma vez que as emissões do Renault Clio (99g/km) ficam apenas ligeiramente acima do limite de 95 g/km. No caso do Volvo V60, o benefício resultante é bem superior, cerca de 11 mil euros, pois a versão V60 não-híbrido emite 169 g/km de CO<sub>2</sub> e é um veículo diesel, de modo que as taxas de imposto aplicadas são bastante elevadas. Outros mercados com um forte efeito de imposto de registro são a Dinamarca e Noruega. Na Dinamarca, o cálculo é com base no preço do veículo, equipamentos de segurança a bordo e o consumo de combustível, e os carros totalmente elétricos estão isentos do imposto de registro. Para o Renault Zoe, a economia estimada é de cerca de 14 mil euros. No caso do híbrido plug-in Volvo V60, o valor base para o cálculo do imposto é de cerca de 77 mil euros, em comparação com cerca de 94 mil euros para a versão diesel regular. Na Noruega, o imposto é baseado no peso do veículo, potência do motor e emissões de CO<sub>2</sub> e os carros totalmente elétricos são isentos da taxa de registro. A economia para o Renault Zoe é estimada em torno de 4.100 euros. Para o Volvo V60, um imposto de registro de cerca de 37 mil euros aplica-se à versão PHEV, em comparação com cerca de 35 mil euros para a versão diesel regular.

## 2.2.7 Máquinas elétricas

A máquina elétrica, abrangendo tanto motores quanto geradores, desempenha um papel central na conversão de energia, sendo um componente essencial na operação de frenagem, por exemplo. Inicialmente, examinaremos seu funcionamento como um motor. O motor elétrico tem a responsabilidade de converter energia elétrica em energia mecânica, com o objetivo de gerar torque e potência, os quais são transmitidos às rodas para



impulsionar o veículo. Fabricantes de motores elétricos têm concentrado seus esforços no desenvolvimento de diversos tipos de motores voltados para aplicação em veículos elétricos. (FREITAS, 2012)

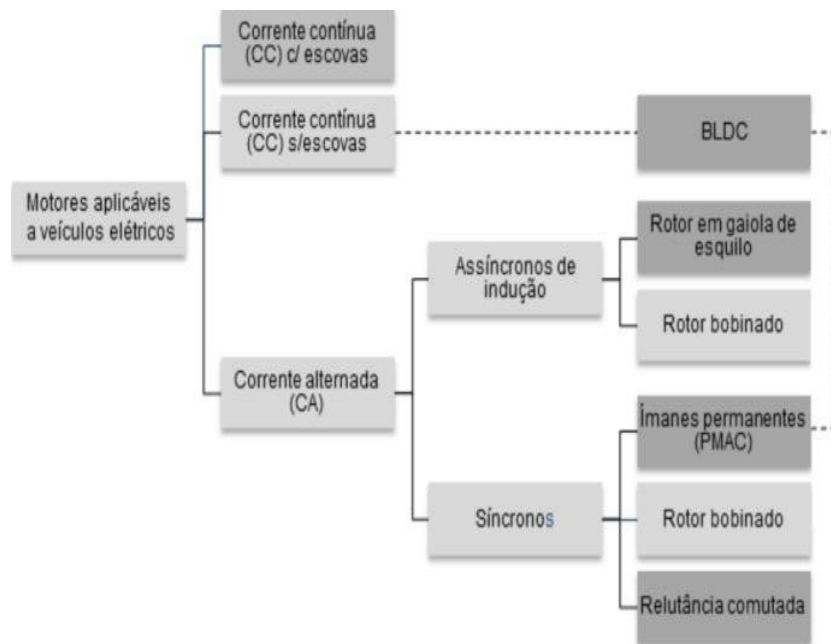


Figura 1. Diagrama em árvore dos motores mais aplicáveis a veículos elétricos

Fonte: FREITAS, 2012

### 2.2.8 Motores de corrente contínua com escovas

Este dispositivo apresenta um notável torque de partida, conferindo-lhe versatilidade em diversas aplicações, inclusive como motor de arranque. Sua capacidade de controle de velocidade é altamente precisa, alcançada por meio da modulação do nível de tensão de operação. A ampla gama de relações entre Torque e Velocidade é viabilizada através de diferentes configurações de enrolamentos de campo, incluindo série e paralelo, assim como modelos de excitação, como série, paralelo, composto e excitação independente.

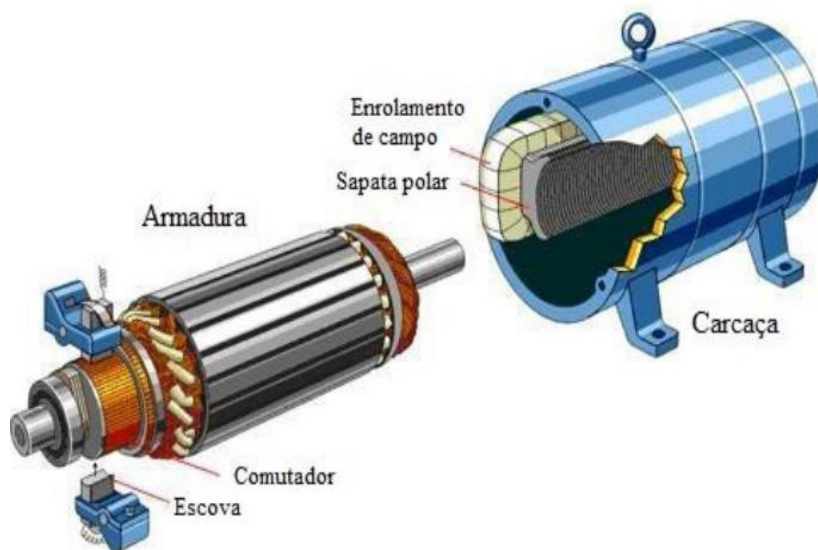


Figura 2. Partes principais do motor CC

Fonte: RIBEIRO; PRADO, 2015

### 2.2.9 Motores assíncronos de indução

Os motores de indução se classificam em dois principais tipos: Rotor Bobinado e Rotor Gaiola de Esquilo. No caso do rotor bobinado, seu núcleo ferromagnético é revestido por bobinas que estabelecem conexões com terminais externos da máquina através de anéis condutores, possibilitando, assim, a manipulação da resistência do circuito do rotor. Por outro lado, o rotor do tipo gaiola de esquilo não apresenta conexões externas, ao contrário do rotor tipo bobinado, pois o material condutor está incorporado internamente ao núcleo. O rotor é composto por quatro componentes fundamentais: o eixo, o núcleo ferromagnético, as barras de material condutor e os anéis de curto-circuito. (GUERRA, 2015)

### 2.2.10 Motor síncrono de ímã permanente

A principal vantagem intrínseca aos motores síncronos reside na sua notável eficiência energética, uma vez que apresentam mínimas perdas Joule no rotor, resultando em rendimentos consideravelmente superiores em comparação com outras categorias de motores. Outro aspecto promissor diz respeito à capacidade desses motores de gerar alta potência, ocupando um espaço físico reduzido e demandando menor investimento financeiro. No entanto, é importante mencionar uma desvantagem relevante relacionada à velocidade de operação deste tipo de motor. Caso a velocidade de funcionamento exceda limites específicos, os ímãs do motor síncrono podem sofrer danos, sendo conhecido por ser um componente de custo significativo. (RIBEIRO; PRADO, 2015)

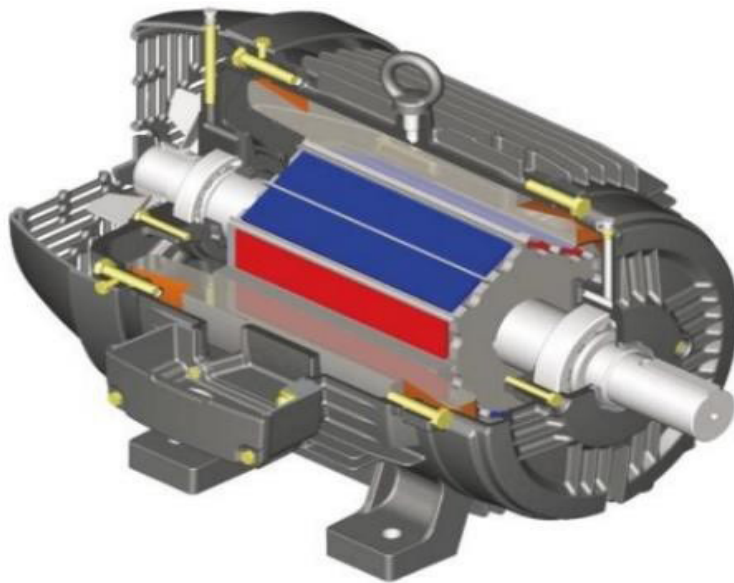


Figura 3. Modelo motor de ímã permanente.

Fonte: RIBEIRO; PRADO, 2015

### 2.2.11 Motor CA de relutância comutada

Este dispositivo é uma máquina de relutância variável que opera com controle de malha de posição do eixo, permitindo a sincronização precisa das correntes de fase com a posição do rotor. É importante ressaltar que o termo “comutado de relutância” não se refere à comutação da própria relutância, mas sim ao chaveamento das correntes de fase, que desempenha um papel crucial em sua operação dinâmica. Em sua construção, o número

de pólos salientes no estator é diferente do número de pólos salientes no rotor, e o motor é excitado por meio dos enrolamentos do estator. O rotor não possui enrolamentos, ímãs permanentes ou gaiolas para partida. O torque é gerado exclusivamente pela variação na relutância e é independente da polaridade da corrente de excitação. (FERRAZ, 2002)

### 2.2.12 Comparação dos principais tipos de motores CA

A Tabela 1, apresentada abaixo, oferece uma comparação dos motores previamente mencionados, à exceção do motor CC, que exibe uma eficiência inferior quando contrastado com os outros motores referidos neste contexto (FREITAS, 2012). Nessa tabela, os motores são categorizados de acordo com a eficiência, que representa a proporção de potência convertida em trabalho, levando em consideração o peso e o custo. A classificação varia de 1 a 5, onde valores mais próximos de 5 indicam maior eficiência, menor peso e menor custo.

|            | Motor de Indução | Motor Imã Permanente | Motor Relutância Comutada |
|------------|------------------|----------------------|---------------------------|
| Eficiência | 4                | 5                    | 4,5                       |
| Peso       | 4                | 4,5                  | 5                         |
| Custo      | 4                | 3                    | 4                         |
| Total      | 12               | 12,5                 | 13,5                      |

Tabela 1. Tabela comparativa entre os principais tipo de motores CA aplicados a tração elétrica

Fonte: SOARES, 2013

### 2.2.13 Armazenamento de energia

As tecnologias de armazenamento de energia podem ser agrupadas em seis categorias principais (ESA 2015). Estas categorias incluem baterias de estado sólido, baterias de fluxo, volantes de inércia, armazenamento de ar comprimido, armazenamento térmico e bombeamento hidráulico. No entanto, além dessas tecnologias convencionais, também estão em desenvolvimento tecnologias não convencionais, como o Advanced Rail Energy Storage (ARES), que utiliza locomotivas elétricas para armazenar energia renovável, e o armazenamento híbrido, que combina diferentes dispositivos de armazenamento, como no caso de carros elétricos. Além disso, pesquisadores estão explorando variações e melhorias das tecnologias convencionais para atender às necessidades específicas de diversas aplicações. Essas inovações desempenham um papel fundamental na transição para fontes de energia renovável e na otimização da eficiência energética em todo o mundo.

### 2.2.14 Bateria de lítio

O lítio, identificado como o elemento mais leve até o presente momento, desempenha um papel fundamental na armazenagem de energia gerada por fontes eólicas e solares, sendo seu uso mais promissor direcionado aos veículos elétricos. Não é inesperado, portanto, que esse metal de aparência prateada e natureza reativa seja frequentemente referido como o “petróleo branco”. Na fabricação de diferentes tipos de baterias de íon-lítio, os compostos carbonato de lítio e hidróxido de lítio são empregados na produção de materiais essenciais. A demanda por lítio tem experimentado um contínuo aumento anu-

al, conforme ilustrado na Figura 4. (GEA GROUP, 2017)

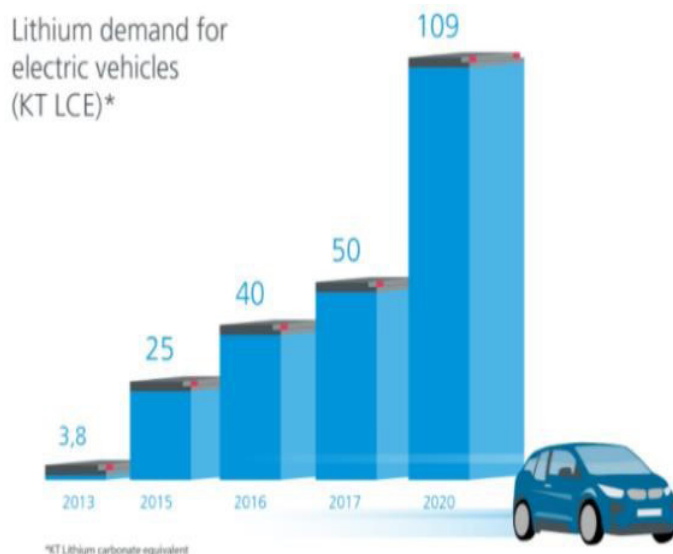


Figura 4. Demanda de lítio para veículos elétricos (em KT LCE = Carbonato de lítio em quilo tesla)

FONTE: Gea Group, 2017

O lítio é considerado um dos materiais anódicos mais atraentes devido à combinação de seu potencial termodinâmico favorável como eletrodo e uma elevada capacidade específica de 3,86 A h g<sup>-1</sup> ou 7,23 A h cm<sup>-3</sup>. Devido à sua propriedade eletropositiva, o lítio reage com a água, o que leva as células com ânodo de lítio a empregarem eletrólitos não aquosos, como o carbonato de propileno e o metil-propil carbonato, entre outros (VARELA, 2002).

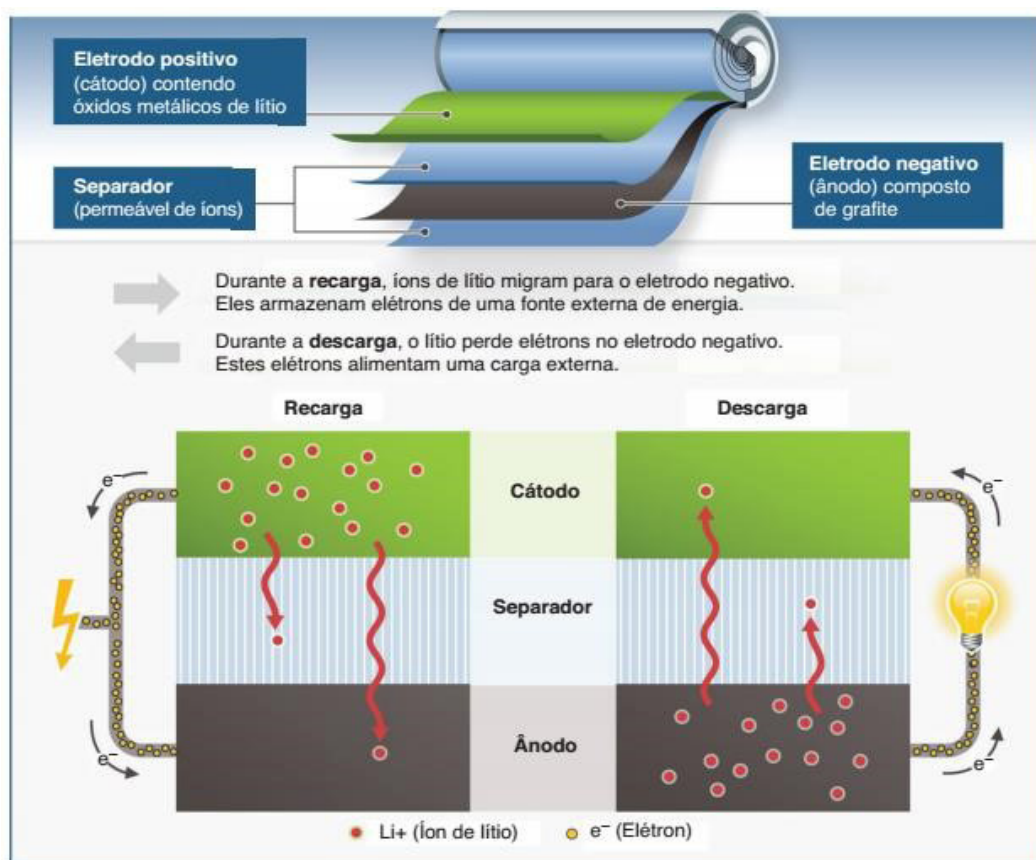


Figura 5.ns Operação simplificada de uma bateria de íons de lítio.

Fonte: TOM, 2018



### 2.2.15 Bateria de lítio-enxofre

As baterias à base de lítio e enxofre (Li-S) emergem como uma das sucessoras mais promissoras das atuais baterias de íon de lítio, como mencionado pela Codemge em 2020. (Codemge, 2020)

[...] Algumas vantagens das baterias de lítio-enxofre em relação às baterias de íon lítio mais empregadas no mercado atualmente, são observadas nas aplicações em que o peso é um fator crítico ou a densidade energética elevada é requisitada. As baterias de lítio-enxofre são mais leves e ambientalmente amigáveis, já que não possuem metais pesados em sua formulação. Têm alto valor agregado, embora sejam econômicas, e garantem maior segurança em comparação a outras baterias (CODEMGE, 2020).

As baterias de lítio-enxofre são compostas por elementos que incluem lítio, enxofre, eletrólitos e outros componentes. Estas baterias apresentam um eletrodo positivo constituído por enxofre disposto em uma estrutura de grade de carbono, enquanto o polo negativo é composto por lítio metálico puro. O potencial dessas baterias é evidenciado por suas reações químicas, que revelam uma notável capacidade específica teórica de 1.672 mAh/g, representando um valor dez vezes superior em relação às baterias de íons de lítio. O lítio metálico, utilizado como eletrodo, possui uma capacidade teórica equivalente a 3.862 mAh/g. (VOGT, 2018)

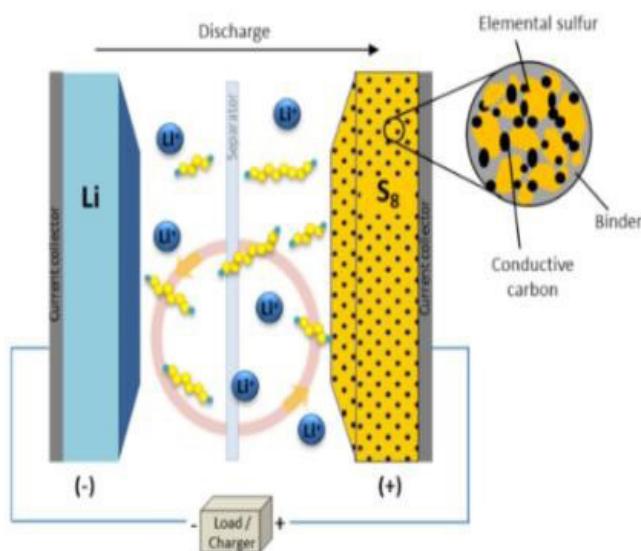


Figura 6. Célula Lítio-Enxofre

Fonte: OXIS ENERGY, 2020

### 2.2.16 Bateria chumbo-ácido

As baterias de chumbo-ácido representam o tipo mais amplamente produzido em escala global, encontrando aplicação em veículos equipados com motores de combustão interna para alimentação dos sistemas elétricos. A invenção desse tipo de bateria é creditada ao francês Gastón Planté, no ano de 1859 (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000). Estas baterias oferecem vantagens notáveis, como custos reduzidos, processo de fabricação

simplificado e reações eletroquímicas ágeis. No entanto, apresentam desvantagens, como baixa densidade de energia, utilização de materiais tóxicos na produção, necessidade de manutenção frequente e vida útil limitada, variando de acordo com a aplicação.

### 2.2.17 Bateria de níquel-cádmio

De acordo com as informações fornecidas, a bateria de níquel-cádmio, como o próprio nome sugere, possui como componente positivo ou cátodo o hidróxido de níquel (III),  $\text{NiO(OH)}$ , enquanto o componente negativo ou ânodo consiste no metal cádmio  $\text{Cd(s)}$ . Essa bateria é caracterizada por ter um eletrodo constituído por uma pasta eletrolítica contendo 28% de hidróxido de potássio,  $\text{KOH}$ , em massa (FORGAÇA, 2018).

### 2.2.18 Bateria de níquel-metal-hidreto

A bateria de níquel-metal-hidreto (Ni-MH) representou um avanço em relação à tecnologia de níquel-cádmio (NiCd). Ela ganhou destaque como a primeira bateria amplamente adotada devido à sua notável capacidade de armazenamento de energia (NOCE, 2009). As baterias de níquel-metal são comuns em veículos híbridos devido a sua relação custo-benefício favorável, confiabilidade e longa vida útil. Há exemplos notáveis de baterias da primeira geração do Prius que ainda estão em operação, com mais de 320 mil quilômetros rodados. Isso explica a decisão da Toyota de continuar utilizando baterias NiMH em sua linha de veículos híbridos (TOM, 2018).

### 2.2.19 Baterias de sódio-metal-cloreto

Baterias de sal fundido, incluindo aquelas com metal líquido, usam sais líquidos como eletrólitos, caracterizando-se por alta densidade de energia e potência. Elas desempenham um papel essencial em veículos elétricos e no armazenamento de energia para mitigar a intermitência de fontes renováveis, como painéis solares e turbinas eólicas (TOM, 2018). As variantes comuns incluem baterias de sódio-enxofre ( $\text{NaS}$ ) e baterias Zebra ( $\text{Ni-NaCl}_2$ ), sendo a tecnologia Zebra usada em protótipos de caminhões leves, como o Daily Elétrico e o Palio Weekend Elétrico, em colaboração entre Iveco, Fiat e Itaipu Binacional, com produção pela empresa suíça FZ Sonick, detentora da patente (CASTRO; FERREIRA, 2010).

### 2.2.20 Especificações das baterias

A Tabela 2 mostra as tensões individuais de cada célula, juntamente com os valores da energia específica e da densidade energética. A energia específica se refere à quantidade de energia armazenada por unidade de massa, enquanto a densidade energética representa a quantidade de energia armazenada por unidade de volume. Ambos são influenciados pelo processo químico subjacente e pela disposição dos componentes (ORRICO, 2013).



|                           | Tensão (V) | Energia Específica (Wh/kg) | Densidade de Energia (Wh/l) |
|---------------------------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| Chumbo-Ácido Moderna      | 2,0 - 2,2  | 40                         | 116                         |
| Íons de Lítio Química LFP | 3,2        | 90 -130                    | 300                         |
| Lítio-enxofre Sion Power  | 2,1        | 350                        | 320                         |
| Lítio-enxofre Fraunhofer  | 2,1        | 330                        | Não determinado             |
| Lítio-enxofre Oxis Energy | 2,1        | 400                        | 500                         |
| Zebra                     | 2,58       | 60 - 120                   | 200 - 350                   |
| Sódio-Enxofre             | 2,1        | 100 - 250                  | 150 - 300                   |
| Níquel-Metal-Hidreto      | 1,2        | 60 - 120                   | 200 - 350                   |
| Níquel-Cádmio             | 1,2        | 35 - 80                    | 100 - 150                   |

Tabela 2. Especificações das Baterias

Fonte: SILVA 2019, ORRICO 2013, VOGT 2018, OXIS 2020

### 3. CONCLUSÃO

A transição para veículos elétricos e a evolução das tecnologias de armazenamento de energia desempenham um papel crucial na busca por soluções mais limpas e sustentáveis no setor automotivo e energético. Os carros elétricos oferecem benefícios significativos em termos de eficiência e redução de emissões de gases de efeito estufa durante seu uso. No entanto, enfrentam desafios relacionados à infraestrutura de carregamento e à fonte de energia utilizada para recarregá-los.

A infraestrutura de recarga de baterias desempenha um papel vital na adoção generalizada de veículos elétricos. Países como Portugal, Holanda e Estados Unidos têm demonstrado iniciativas promissoras nesse sentido, investindo em redes de carregamento rápido e acessível. No Brasil, a implementação de painéis fotovoltaicos em fábricas de veículos elétricos, como o Complexo Airton Senna da Renault, ilustra a busca por fontes de energia limpa e renovável para carregar esses veículos.

Além disso, os incentivos públicos desempenham um papel importante no estímulo à adoção de veículos elétricos. Subsídios diretos e incentivos fiscais têm sido implementados em diversos países para equiparar os preços dos carros elétricos aos dos veículos a combustão, tornando essa opção mais acessível e atraente para os consumidores.

### Referências

ADENE. **AGÊNCIA PARA ENERGIA**. Mobi. E Disponível em: <<http://www2.adene.pt/pt-pt/NavegacaoDeTopo/EnergiaNosTransportes/MobilidadeElectrica/Paginas/Mobi-E.aspx>>. Acesso em: 31 de ago. 2015.

AUTOMOTIVE BUSINESS (a). **Fastned e ABB implementarão rede de recarga rápida na Holanda**. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/17438/fastned-e-abbimplementarao-rede-de-recarga-rapida-na-holanda>>. Acesso em 26 de out. 2015.

AUTOMOTIVE BUSINESS (b). **Renault instala painéis solares em fábrica do Brasil**. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/20550/renault-instala-paineis-solares-emfabrica-do-brasil>>. Acesso em 09 de outubro de 2015.

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. **Pilhas e**

**Baterias: funcionamento e impacto ambiental**. Química Nova na Escola, [São Paulo], v. 11, n. 11, p.3- 9, maio

2000. Disponível em: Acesso em: 18 set. 2019.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010.

CODEMGE. **Primeira fábrica de células de bateria de lítio- enxofre do mundo será instalada em Juiz de Fora**. 2020. Disponível em: <<http://www.codemge.com.br/primeira-fabrica-de-celulas-de-bateria-de-litio-enxofredomundoserainstaladaemjuizdefora/#:~:text=Desempenho%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es&text=Algumas%20vantagens%20das%20baterias%20e.densidade%20energ%C3%A9tica%20elevada%20%C3%A9%20requisitada.>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

DENTON, Tom. **Veículos elétricos e híbridos**. Editora Blucher, 2018.

ESA (2015), **Energy Storage Association** - ESA. Info. Disponível online em: <http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies>. Acesso em: 10 agos. 2023.

FORGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Bateria de Níquel-Cádmio**. Mundo educação. 2018. Disponível no site: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/bateria-niquelcadmio.htm>. Acesso em 6 de jul. 2018.

FERRAZ, Carlos Alberto Medon Dias et al. **Contribuição ao estudo do motor síncrono de relutância com gaiola**. 2002.

FREITAS, Joaquim Carlos Novais de. **Projeto e análise ao funcionamento de carros elétricos**. 2012. Tese de Doutorado.

GEA GROUP. **Lithium batteries**. 2017. Disponível em: <[www.gea.com/pt/technology-talks/lithium-batteries-promise-new-era-ingreentransport.jsp](http://www.gea.com/pt/technology-talks/lithium-batteries-promise-new-era-ingreentransport.jsp)>. Acesso em: 5 dez. 2020.

GUERRA, Thiago Koh. **Estudo da máquina de indução do tipo “gaiola de esquilo” na geração eólica com frequência de alimentação variável**. 2015.

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. Electric Vehicle infrastructure. Transport Policy System, Feb. 2010.

MOCK, P.; YANG, Z. **Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles**. White Paper. ICCT The International Council on Clean Transportation. May 2014. Disponível em: <[http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT\\_EV-fiscalincentives\\_20140506.pdf](http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-fiscalincentives_20140506.pdf)>. Acesso em: 27 de out. 2014.

NOCE, Toshizaemom. **Estudo de funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento**. Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, 2009.

ORRICO, Marcos Vinícius de Melo. **Procedimento para seleção de motor e bateria para veículo elétrico**. 2013.

OXIS ENERGY. 2018. **Lithium-sulfur Battery**. Disponível em: <<https://oxisenergy.com>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

RIBEIRO, Dhiego dos Santos. PRADO, Claudio Castro. 2015. **Motores de ímãs Permanente**.

SILVA, Marcelo Henrique Carvalho. **Estado da arte da utilização de baterias em veículos elétricos**. 2019.

SOARES, Álvaro Pedro Pimenta. **Controlo de Tração em Veículos Elétricos**. 2013.

TESLA. Supercharger The Fastest Charging Station on the Planet. Disponível em: <<http://www.teslamotors.com/supercharger>>. Acesso em: 21 de nov. 2014.

VARELA, Hamilton et al. **Materiais para cátodos de baterias secundárias de lítio**. Química Nova, v. 25, n. 2, p. 287-299, 2002.

VOGT, René. **Baterias de submarinos**. Revista Marítima Brasileira, v. 138, n. 07 set, p. 105-105, 2018.





# 9

A GERAÇÃO DE ENERGIA POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS NO  
BRASIL E AS SUAS PERSPECTIVAS DE FUNCIONAMENTO  
ENERGY GENERATION BY PHOTOVOLTAIC PANELS IN BRAZIL  
AND ITS OPERATIONAL PROSPECTS

Carla Manoela Marvão da Costa



## Resumo

O crescimento notável da geração de energia por meio de painéis fotovoltaicos no Brasil tem levantado questionamentos pertinentes sobre suas perspectivas de funcionamento a longo prazo. Este estudo aprofunda-se nas perspectivas da geração de energia via painéis fotovoltaicos no país e explora os desafios que poderiam impactar sua operação eficaz. Com vastas áreas geográficas e uma irradiância solar considerável, o Brasil é rico em potencial para a energia solar fotovoltaica. O objetivo central desta pesquisa é avaliar o cenário atual da geração de energia por painéis fotovoltaicos, abordando aspectos como políticas de incentivo, tecnologias de armazenamento de energia, integração com a rede elétrica e modelos de financiamento. A geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos no Brasil é justificada pela ampla disponibilidade de recursos solares, pelos contínuos avanços tecnológicos que têm reduzido os custos associados, pela contribuição significativa na mitigação das mudanças climáticas, pelo potencial de geração de empregos e pelo desenvolvimento sustentável da indústria solar. A incorporação crescente dessa fonte renovável de energia é estratégica, uma vez que se alinha diretamente com objetivos de sustentabilidade ambiental, segurança energética e crescimento econômico. A pesquisa conclui que, apesar dos desafios existentes, as perspectivas para a geração de energia por painéis fotovoltaicos no Brasil são altamente encorajadoras, à medida que o país continua a explorar formas de aproveitar esse recurso abundante e essencial para atender às crescentes demandas energéticas de maneira ambientalmente responsável.

**Palavras-chave:** Painéis fotovoltaicos, Energia solar, Fonte renovável.

## Abstract

The notable growth in energy generation through photovoltaic panels in Brazil has raised pertinent questions about its long-term operating prospects. This study delves into the prospects for power generation via photovoltaic panels in the country and explores the challenges that could impact its effective operation. With vast geographic areas and considerable solar irradiance, Brazil is rich in potential for photovoltaic solar energy. The central objective of this research is to evaluate the current scenario of energy generation using photovoltaic panels, addressing aspects such as incentive policies, energy storage technologies, integration with the electrical grid and financing models. The generation of electrical energy through photovoltaic panels in Brazil is justified by the wide availability of solar resources, continuous technological advances that have reduced associated costs, the significant contribution to mitigating climate change, the potential for job creation and development sustainable development of the solar industry. The increasing incorporation of this renewable source of energy is strategic, as it directly aligns with objectives of environmental sustainability, energy security and economic growth. The research concludes that, despite existing challenges, the prospects for energy generation from photovoltaic panels in Brazil are highly encouraging, as the country continues to explore ways to harness this abundant and essential resource to meet growing energy demands in a sustainable manner environmentally responsible.

**Keywords:** Photovoltaic panels, Solar energy, Renewable source.



## 1. INTRODUÇÃO

A região brasileira é conhecida por ser rica em recursos naturais renováveis para o aproveitamento energético, dentre elas está em foco a energia solar que é capturada por painéis fotovoltaicos, por ser um meio que apresenta vários benefícios, como por exemplo ser uma fonte de energia limpa, pela flexibilidade de uso, por ser mais vantajosa na potência instalada e por contribuir com a sustentabilidade do planeta, pela possibilidade de ser utilizada tanto em indústrias como em residências e outras demais características ligadas à sua forma de produzir energia.

No mundo todo a energia solar não está só em expansão como também está ultrapassando as expectativas de muitos especialistas, no Brasil a energia fotovoltaica ainda é pequena, mesmo o Brasil sendo propício para seu uso, ela enfrenta diversos desafios, dentre eles estão os incentivos oferecidos pelo governo que estão cada vez menores e com isso desmotivando muitos compradores, outro desafio é a falta de informação que atinge aqueles que teriam potencial para usá-la. Entretanto a energia solar no Brasil está apresentando um crescimento exponencial nos últimos anos, devido as inflações das fornecedoras de energia elétrica e seu custo de sua instalação está em constante queda.

Existem muitas empresas que produzem painéis fotovoltaicos, com isso eles podem apresentar diferenças na composição ou construção, os mais comuns são os monocristalino, policristalino ou filme fino, cada um deles tem um método de como são feitos, aparências e cores, desempenho, instalação e custo, essas diferenças permitem que painéis se sobressaíam em determinado ambiente ou situação, tornando uma opção mais adequada do que as outras em determinadas regiões.

A importância do tema é justificada porque é algo que vem ganhando destaque em todo território nacional desde a sua primeira regulamentação em 2012 e no mundo desde meados de 1990, afinal se trata de uma energia renovável, ele é importante pois apresenta o potencial para deixar de ser uma alternativa para se torna uma necessidade.

Além disso este é um tema que merece ser estudado pois está relacionado a algo que traz grande benefício para o meio ambiente, reduzindo assim uso de energia elétrica produzida por usinas hidroelétricas, o aumento da geração de energia solar reduziria em grande escala a alta demanda das usinas hidroelétricas. Com o objetivo de compreender a funcionalidade de painéis fotovoltaicos, entender como a energia é gerada e como é seu mecanismo de conversão até poder ser utilizada em aparelhos elétricos.

Abranger assuntos, tais como, o que é feito com a energia que sobra. O problema encontrado nessa situação é que ainda existe uma porcentagem pequena do uso de energia solar, mesmo sendo um país de clima tropical no qual sua irradiação é superior à da Alemanha, entretanto a porcentagem de uso de painéis solares na Alemanha é superior à porcentagem do uso no Brasil. O painel solar é um equipamento que coleta fótons e os transformam em energia elétrica limpa, sabendo disso, quais são as perspectivas e desafios operacionais da geração de energia por painéis fotovoltaicos no Brasil?

O objetivo geral da pesquisa foi analisar como é o processo responsável pela geração de energia elétrica em painéis fotovoltaicos a sua composição. Já os objetivos específicos foram: Apontar como a energia é gerada; Em seguida descrever quais são os tipos de painéis existentes as diferenças entre cada um deles e seus respectivos benefícios. E por fim relatar quais são os materiais necessários para produção de um painel fotovoltaico.

A metodologia utilizada será uma abordagem qualitativa descritiva, de tipo revisão de

literatura. Esse tipo de metodologia possibilita a síntese de informações já existentes e as conclusões a partir do tema proposto. Para a elaboração do trabalho foi feita uma revisão de literatura, baseada em artigos, livros e monografias, publicados no Google Acadêmico, Scielo, Lilacs e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras.

## 2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O efeito fotovoltaico é denominado um fenômeno no qual se converte radiação solar em energia elétrica por meio de materiais semicondutores. Em 1839 foi observado pela primeira vez o efeito fotovoltaico pelo físico Edmund Becquerel, que pode ser perceber uma tensão gerada entre elétrodos condutores quando entrava em contato com a luz do solar (REGET/UFSM, 2016).

Em todo o território mundial a geração de energia elétrica no ano de 2008, foi equivalente a 20.181 TWh, tendo o carvão como o principal produtor de energia com um total de 41%, em seguida o gás natural com um total de 21,3%, hidráulica com 15,9%, nuclear com 13,5%. E por fim o petróleo com 5,5% e outros tipos de fontes de geração com apenas 2,8% (TORRES, 2012).

Segundo Sousa, Rafaela (2020) energia elétrica fotovoltaica é uma energia renovável proveniente do sol, tal como energia eólica que são dois meios limpos para se produzir energia elétrica, com um crescimento elevado no mundo inteiro, uma energia com baixo custo de manutenção e tecnicamente o sol é uma fonte de energia inesgotável dentro dos parâmetros humanos. Ou seja, uma energia limpa que não causa danos ao meio ambiente.

A energia gerada no interior do Sol leva um milhão de anos para chegar à superfície. A cada segundo 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidos em cinza de hélio. Durante este processo 5 milhões de toneladas de energia pura são liberados. Dessa forma, o Sol irradia energia por todas as direções e uma pequena fração atinge a Terra, aquecendo-a e controlando o sistema climático global (HAMILTON. 1997, p.1).

Como foi dito Hamilton (1997) a pequena fração de energia proveniente do sol é captada pela terra, mantendo seu aquecimento que é necessário para meio ambiente e seres vivos, e mesmo sendo em pequenas quantidades de irradiação solar, ainda assim essa fração irradiada continua com um elevado potencial como dito anteriormente.

A Alemanha é um exemplo no que diz respeito à geração de energia solar, com 35.500 MW de potência instalada em centrais fotovoltaicas – capacidade instalada superior ao total de usinas termelétricas instaladas no Brasil, atualmente com 25.919 MW de capacidade instalada. Importante ressaltar que a Alemanha recebe menos da metade da radiação solar diária em comparação com o Brasil – cerca de 2,5KWh/m<sup>2</sup> contra, em média, 5,9KWh/m<sup>2</sup> diários do Nordeste brasileiro. O Brasil é um dos países com maior potencial de energia solar do mundo (PANORAMA COMERC, 2020, p.1).

De acordo com estudos realizados pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, foi divulgado em 2017 o Atlas Brasileiro de Energia Solar, com base nesse estudo a região Nordeste é a que mais se destaca com maiores índices de irradiação em um plano inclinado, com uma média anual de 5,52 kWh/m<sup>2</sup>. dia. Tendo em vista como a região brasileira com a mais baixa precipitação de chuva e por ter menor cobertura de nuvens durante



o ano o Nordeste é a região com maior capacidade de receber investimentos em energia elétrica por meio de fonte solar (DINIZ, 2020).

Células solares são as principais responsáveis pela execução de um sistema fotovoltaico, por ser nelas que ocorre o efeito fotovoltaico, que se dá através da radiação solar quando convertida em energia elétrica. Dentre alguns dos materiais mais utilizados que são semicondutores, existem o silício, o arseneto de gálio, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre e índio. Materiais semicondutores são mais apropriados para uso, por terem boa estrutura atômica cristalina de condução elétrica e serem sólidos. O silício é responsável por 95% das células solares do mundo, um elemento existente na Terra com um número elevado, não existindo de forma pura, somente encontrado em forma de dióxido de silício, que por exemplo, pode ser encontrado na areia de sílica (TORRES, 2012).

## 2.1 Componentes de um Sistema Fotovoltaico

Segundo Wagner (2018) os átomos de silício é a principal substância usada em painéis solares fotovoltaicos. Quando partículas de luz solar (fótons) entram em colisão com os átomos de silício que se encontram no painel solar, é gerado uma movimentação que desloca os elétrons de lugar, conhecida como energia solar fotovoltaica.

O processo de conversão de radiação solar em eletricidade ocorre de maneira silenciosa, sem produção de gases e sem a necessidade de uma supervisão no sistema. Somente se faz útil os fótons, que pode ser chamado de radiação ou componente luminosa de energia solar (TORRES, 2012). Segundo Ruy (2019) os painéis solares são encarregados de captar a energia solar fotovoltaica, neles é gerada uma corrente contínua, que deverá ser convertida para alternada para se fazer o uso da energia elétrica captada. Esse processo precisa de um equipamento chamado inversor que prepara essa energia para ser utilizada, depois que essa energia passa pelo inversor, depois que a energia passa pelo inverso ela já está pronta para uso.

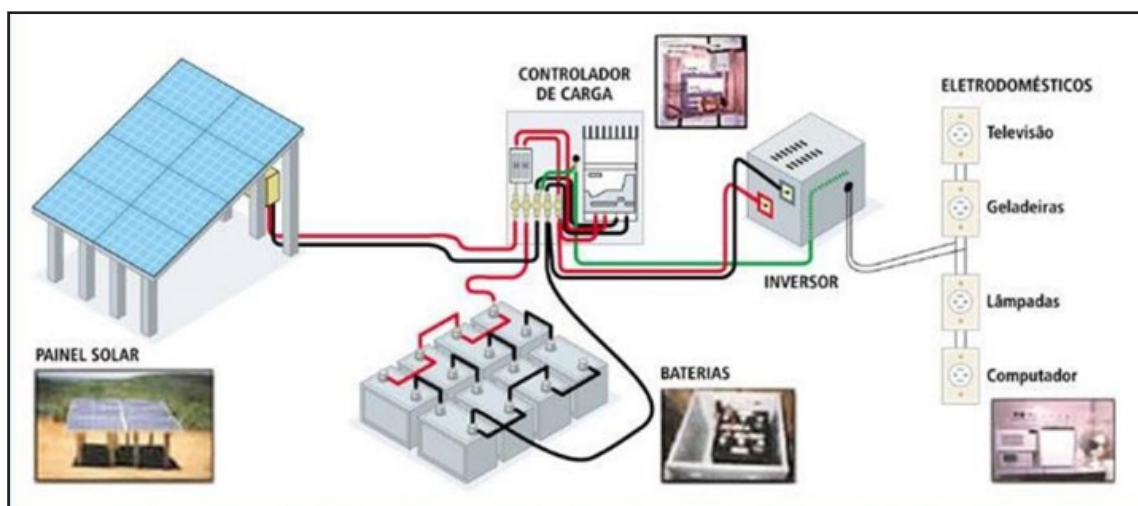


Figura 1. Aplicação de radiação solar para geração de energia elétrica

Fonte: Reget/UFMS (2016)

Como visto na Figura 1, depois de ser coletada a radiação solar, é encaminhada para o controlador de carga e em seguida ela passa pelo inverso, sendo transformada em energia elétrica. Após todo o processo de captação, a sobra de energia gerada é armazenada em baterias para ser utilizada em determinados horários, tais como, a noite quando não a radiação (REGET/UFMS, 2016).



Como dito em Cogem (2020) os resultados da pesquisa e desenvolvimento da tecnologia de geração de energia vem apresentando resultados cada vez melhores, em relação do rendimento a conversão da luz em energia. De acordo com 14 laboratórios de pesquisa foi possível atingir a marca de 47,7% de eficiência na conversão (EPE, 2016), o que contribui para torna o custo da geração por KWh mais convidativo. Essa tendência é associada a incentivos políticos, já que a energia solar poderá contribuir de forma considerável na matriz energética de duas formas uma é a centrais solares e a geração distribuída (COGEN, 2020). Segundo a resolução 482/2012 (ANEEL, 2012), é estabelecido a permissão para os sistemas de micro e mini geração para distribuição de energia elétrica no Brasil. Portanto, quem gerar a energia obtém créditos quando a geração de energia for além do que se é utilizado.

Com isso quem gera energia e distribui, consegue aumentar o seu crédito, que pode ser gasto em até 60 meses e até mesmo em outra propriedade que seja situada na mesma localidade que se encontra a rede de transmissão. Segundo CRESEB (2020) uma das formas de conversão da luz é feita através do efeito que ocorre em dispositivos como células fotovoltaicas que são componentes optoeletrônicos, onde a radiação solar é diretamente convertida em eletricidade, que é composto basicamente de semicondutores como o silício.

Por trás de cada placa fotovoltaica dois condutores conectados à caixa de junção. Essa caixa, geralmente de cor preta, desempenha um papel crucial ao servir como ponto de conexão para esses condutores. Os condutores estão ligados em um formato de série, o que significa que a eletricidade gerada por várias placas é combinada em uma sequência contínua, ampliando assim a tensão e a eficiência do sistema (PORTAL SOLAR, 2020).

Uma vez que a eletricidade é conduzida através desses condutores e da caixa de junção, ela é então direcionada através de cabos de corrente contínua (CC) para o inversor. O inversor é um componente essencial do sistema fotovoltaico, pois desempenha a função crucial de converter a corrente contínua gerada pelas placas solares em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade utilizada em nossos lares e empresas. Esse processo de conversão é vital, já que a maioria dos aparelhos e dispositivos eletrônicos opera em corrente alternada (PORTAL SOLAR, 2020). Como mostra a Figura 2 a seguir:



Figura 2. Energia solar fotovoltaica

Fonte: Portal Solar (2020)

O agrupamento dos módulos e/ou painéis fotovoltaicos como também são chamados, eles são denominados como gerador fotovoltaico que é responsável pela primeira parte do sistema de captação de irradiação solar e sua conversão em energia elétrica (ALMEIDA, 2016). Como descrito em Fulltech (2018), existem dois tipos de painéis solares fotovoltaicos: monocristalino e policristalino. O que os difere é a composição de substrato do silício que é utilizado para produzir as células solares. Como o seu nome já diz, monocrista-



lino é somente um único cristal e policristalino é dois ou mais cristais.

Outro aspecto a ser mencionado é em relação a questão térmica, os painéis monocristalino apresentam um coeficiente de temperatura mais baixo, ou seja, sua conservação de energia é inferior à sua dissipação, com isso ele não irá aquecer a ponto de prejudicar seu funcionamento.

Como foi dito sobre os seus benéficos, a seguir mais detalhes sobre esses dois tipos de painéis: Seu baixo custo de manutenção, em alguns casos esses painéis são produzidos para durar cerca de 40 anos, por serem fabricados com materiais de alta qualidade faz com que eles necessitem pouquíssimas vezes no decorrer de sua vida útil de manutenção (FULLTECH, 2018).

É uma energia totalmente renovável, pois sua fonte de energia é somente a luz do sol, que é uma forte fonte de energia considerada constante e consistente. Dentre outras energias renováveis, a solar é a mais constante e previsível. A economia na conta de luz pode chegar até 95%. Valorização do imóvel, pois o imóvel passar a valer mais no seu valor de venda no mercado (FULLTECH, 2018).

## 2.2 Variedades de Painéis Fotovoltaicos

Esse tipo de energia elétrica é a mais barata do mundo, pois o consumidor estará produzindo sua própria energia, por mais que seu valor para aquisição seja muito alto, em 2020 um projeto residencial custa em média o valor de um carro popular, mas no decorrer dos anos esse valor é recuperado, como já citado acima, painéis solares fotovoltaicos reduzem em até 95% da conta de energia elétrica (FULLTECH, 2018). Fonte de energia não-poluente, por se tratar de uma energia que somente depende da irradiação solar, não emite gases na atmosfera e seu material é altamente reciclável (FULLTECH, 2018).

Dentre muitos outros benefícios, esses são alguns dos principais e com o avanço da tecnologia podem surgir vários outros benefícios. Observe a seguir a figura 3 o painel solar fotovoltaico monocristalino, Figura 4 o painel solar fotovoltaico policristalino, Figura 5 o painel solar fotovoltaico filme fino, Figura 6 as células fotovoltaicas orgânicas (OPV). Para mais detalhes sobre os tipos de painéis solares fotovoltaicos leia a seguir:

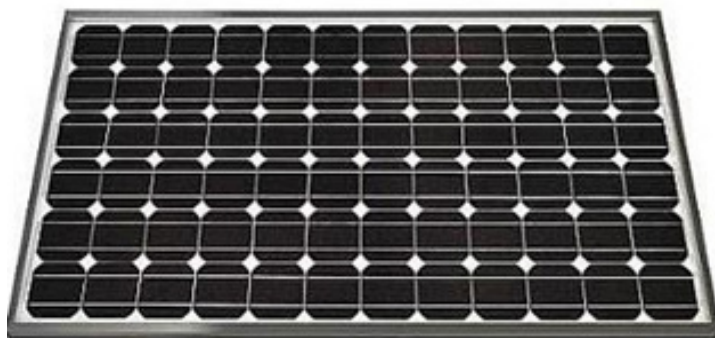


Figura 3. Painel Solar Fotovoltaico Monocristalino.

Fonte: Portal solar (2021a)

Painel monocristalino é o mais antigo que se encontra e sua eficiência é superior aos demais tipos de painéis existente, como representado na Figura 3 ele é de fácil reconhecimento se observado de perto, possuindo uma cor uniforme que significa silício de alta pureza e de arestas arredondadas. Feitos de um único cristal de silício puro, cortado de

maneira a deixar como lâmina finas de silício individuais, para que sejam transformadas em células fotovoltaicas. Sua eficiência está entre 15% e 22%, sendo considerado a mais alta eficiência tecnológica comerciável.

Por possuir uma eficiência maior, estes tipos de painéis ocupam menos espaços para gerar a mesma quantidade de energia elétrica. Sua vida útil é superior a 30 anos, com uma garantia de 25 anos. Mais favorável em localizações com pouca luz. Contudo, painéis monocristalinos tem um custo mais elevado (MOLINA, 2019).



Figura 4. Solar Fotovoltaico Policristalino

Fonte: Portal solar (2021a)

Painéis policristalino só foram introduzidos no mercado por volta do ano de 1981, foram os primeiros painéis solares a base de silício policristalino ou polisilício (p-Si), a diferença entre os painéis monocristalinos e painéis policristalinos está no método de fundição dos cristais de silício, nos painéis policristalino os cristais são fundidos em bloco para preservar a forma dos múltiplos cristais de silício, quando se corta o bloco é possível perceber a formação dos múltiplos cristais (MECATRONSOLAR, 2018).

Podendo ser observado na Figura 4, se comparado ao monocristalino (Figura 3), o policristalino é de uma maneira mais fácil de se produzir, depois que se é feito a fundição dos cristais, eles são serrados em blocos quadrados e em seguida fatiado, como feito no monocristalino. Por ser um painel policristalino seu custo é menor, contudo, seu tempo de vida útil é cerca de 30 anos ou mais e com uma garantia de 25 anos. Nesses tipos de painéis pode ser necessário uma área maior de placas para ser gerado a mesma quantidade de W/m<sup>2</sup>, comparado a um painel monocristalino (MECATRONSOLAR, 2018).



Figura 5. Painel Solar Fotovoltaico Policristalino.

Fonte: Portal solar (2021a)

Filme fino são fabricados por uma ou várias camadas finas de materiais fotovoltaicos.

cos sobre um substrato. Conhecidos também como células fotovoltaicas de película fina (TFPV). Existem diferentes tipos de painéis solares filme fino e o que os difere é a matéria que se utiliza sobre o substrato, podem ser: Silício amorfo (a-Si), Telureto de cádmio (CdTe), Cobre, índio e gálio seleneto (CIS/CIGS) ou Células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV). Sua eficiência depende do material que se é produzido o painel, podendo variar de 7% a 13% de eficiência, existem algumas evoluções tecnológicas que podem atingir até 16% de eficiência, podendo ser comparado a painéis policristalinos (Figura 4).

Como demonstrado na Figura 5, ele possui uma aparência esteticamente bonita por ser homogênea, também podendo ser flexível e seu desempenho não reduz a sombreamentos ou obstruções da radiação solar. Seu desgaste é maior que outros tipos de painéis como os monocristalinos (Figura 3) e policristalinos (Figura 4), sua eficiência também é menor o que exige uma maior quantidade de espaço ( $m^2$ ) e uma mão de obra maior, o que o torna seu custo mais elevado mesmo eles tendo um custo menor.

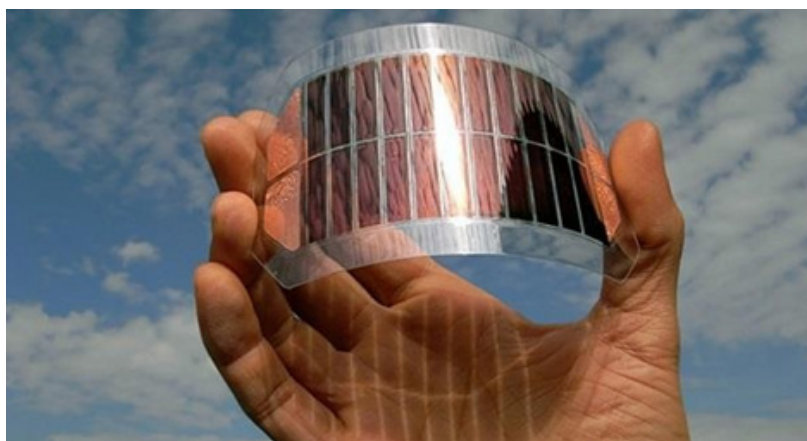


Figura 6. Células Fotovoltaicas Orgânicas (OPV).

Fonte: Itsolar (2019)

Como visto na Figura 6, uma célula orgânica é um tipo de célula de polímero com tecnologia orgânica. Pensada a muitos anos como uma placa de energia flexível, para transportar carga de energia e se produzir energia elétrica, o custo dessa matéria é mais baixo, fabricada com muitos materiais e de maneira simples como uma impressão. Existem poucas empresas que ainda produzem esse tipo de célula para a indústria. Sua eficiência varia de acordo com o material que ela é fabricada (ITSOLAR, 2019).

Painel solar fotovoltaico de silício amorfo (a-Si) tem uma baixa produção de energia, baseada em silício de amorfo e é utilizado em uma pequena escala como por exemplo algumas calculadoras portáteis. Contudo, com o avanço tecnológico esses tipos de painéis podem ser produzidos para coisas maiores em grande escala. Sua eficiência varia de 6% a 9% (PORTAL SOLAR, 2021a).

Painel solar de telureto de cádmio (CdTe) é a única tecnologia com películas finas que conseguiu superar tanto em custo quanto em eficiência os painéis de silício de cristal com uma vantagem significativa no mercado do mundo de painéis solares fotovoltaicos. Sua eficiência varia de 9% a 16% e o mesmo são especificamente as grandes usinas de energia solar (PORTAL SOLAR, 2021a).

Painéis solares de seleneto de cobre índio e gálio (CIS/CIGS) só começou a ser produzido em 2011, na Alemanha, suas células solares têm uma maior eficiência quando comparada a outras composições de painéis fotovoltaicos de filme fino, pois ela contém menos cádmio, que é um material tóxico que se encontra nas células solares do telureto de cádmio (CdTe). Sua eficiência pode variar de 10% a 12% e já existe no Brasil uma tecnologia

mais avançada que pode chegar até a 13% (PORTAL SOLAR, 2021a).

O silício é um dos materiais de maior importância para de produzir um painel solar fotovoltaico, cerca de 80% dos painéis produzidos no mundo são a base de alguma variação de silício. 2018 foi constatado que 85% dos sistemas solares das indústrias e residência, era a base de silício. O silício possui uma variedade de forma e o que pode diferenciar umas das outras, é seu nível de pureza (PORTAL SOLAR, 2021a).

O fósforo por sua vez, se misturado a célula de silício puro, pode se obter materiais com carga negativa tipo N ou materiais com elétrons livres. Já se realizar o processo de dopagem utilizando o Boro, o resultado será inverso ao resultado com o fósforo, resultando em cargas positivas tipo P. As células são compostas pelos dois tipos de silício, o de tipo N e o do tipo P, no qual o silício de tipo N se trata de uma camada fina e o silício de tipo P é uma camada mais grossa, formando assim o lado positivo e o lado negativo. De forma que ambos os lados são neutros que juntas a região N e P de silício resulta em um campo elétrico, pois os elétrons livres do tipo N preenchem os espaços vazios do silício tipo P (ARAÚJO, 2004).

Para uma melhor compreensão no processo de fabricação de uma placa fotovoltaica, o seu processo de fabricação deve ser individual, mas devem ser ligados e contínuos, tornando as células fotovoltaicas em uma placa fotovoltaica. Desfrutando da melhor tecnologia para que possam se manter em boas condições por anos, de acordo com seu projeto de fabricação (PORTAL SOLAR, 2021b).

As células fotovoltaicas são a vida do painel solar, pois são elas as maiores responsáveis pela geração de energia elétrica, através da reação físico-química que transforma a radiação solar em energia elétrica. Se trata do material de maior custo na produção de um painel, cerca de 60%, possui uma espessura altamente fina, menos de 2mm (OPUSSOLAR, 2020).

Vidro fotovoltaico, se trata de um vidro especial altamente puro com uma taxa menor de ferro voltado a fabricação de painéis solares, ele é menos reflexo com o intuito de deixar ultrapassar o máximo de luz, temperado com uma espessura que varia de 3,2mm a 4mm e possui um elemento para o tornar antirreflexo. Quanto maior sua qualidade tecnológica, maior sua resistência e período de duração, podendo resistir a chuvas fortes de granizo. Em relação ao seu custo em um painel solar fotovoltaico, ele representa cerca de 10% na produção (PORTAL SOLAR, 2021b).

Backsheet, um material plástico de cor branca que se encontra na parte traseira de um painel solar, seu papel é proteger as células solares e também as partes internas do painel sola, serve como um isolante elétrico, constituído basicamente com 3 camadas, possui um aspecto robusto mais parecido com uma folha de plástico grosso. Corresponde a 8% de custo na produção de um painel solar fotovoltaico (CENTRALSOLAR, 2021).

A caixa de junção encontrasse colada na parte de trás do painel fotovoltaico, possui em sua região interna diodos de by-pass que podem garantir o bom funcionamento e segurança do painel solar fotovoltaico. Na caixa de junção já se encontra os cabos e os conectores especiais que servem para se conectar com os painéis quando for instalado na superfície de algum ambiente. Se encontra em torno de 6% seu custo em relação a um painel solar, seu grau de proteção recomendado é o IP67, no mínimo se remenda o de grau IP65, pois garante que o painel dure por mais tempo e previne o desgaste (PORTAL SOLAR, 2021b).

Por volta de um painel se utiliza uma espécie de moldura, na qual é feita de alumínio anodizado, de uma maneira robusta é introduzida em um painel para garantir sua integri-



dade em quaisquer situações, voltada a segurança do painel para que não haja torções e possa trincar e também no seu manuseio na hora da instalação. Sua espessura não pode ser menor que 4cm e seu custo fica por volta de 8% no custo da fabricação de um painel (PORTAL SOLAR, 2021b).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde que a energia fotovoltaica foi descoberta foi perceptível que é uma tecnologia promissora, limpa e renovável e à medida que foi evoluindo foi se tornando popular em vários países, e muitos desses países promovem políticas públicas para favorecer o uso desta tecnologia e torná-las acessível ao consumidor, entretanto no Brasil, pouca coisa tem sido feita para mudar esse cenário.

É importante ficar atento as vantagens e desvantagens que cada um apresenta antes de escolher com qual montar o sistema de geração de energia elétrica. Além do mais, existem painéis que se encontram em desenvolvimento e ainda não são produzidos para o consumidor, o que se espera é que apresentem um desempenho ou custo melhores e uma melhor integração da energia solar em casas que os atuais.

Além disso, o Brasil possui um vasto potencial solar devido à sua extensa área territorial e alta incidência de luz solar durante todo o ano, o que o posiciona estrategicamente para explorar plenamente essa fonte de energia limpa e renovável. A redução contínua dos custos de instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos torna a energia solar ainda mais acessível e contribui significativamente para a sustentabilidade, ajudando o país a cumprir seus compromissos de combate às mudanças climáticas.

Entretanto, para que essa trajetória de sucesso continue, é imperativo abordar desafios regulatórios, simplificando os processos de licenciamento, aprimorando a integração à rede elétrica e definindo tarifas mais justas para os consumidores que adotam essa tecnologia. Além disso, o avanço no armazenamento de energia e a educação da população sobre os benefícios da energia solar desempenham papéis cruciais no fortalecimento da indústria fotovoltaica e na construção de um futuro energético mais sustentável no Brasil.

### Referências

- ALMEIDA. **Energia Solar Fotovoltaica**: Revisão Bibliográfica. 2016.
- ANEEL. **Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**.
- ARAÚJO. **Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica**. 2004. Disponível em: [https://www.solenerg.com.br/files/monografia\\_cassio.pdf](https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf). Acesso em abr.2023.
- CENTRALSOLAR. **Tudo que precisa saber sobre placas fotovoltaicas**. 2021.
- COGEM. **Geração Distribuída**. Disponível em: [http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao\\_Distribuida\\_Calabro\\_22052013.pdf](http://www.cogen.com.br/workshop/2013/Geracao_Distribuida_Calabro_22052013.pdf). Acesso em jun. 2023.
- CRESESB. **Radiação solar**. 2008.
- DINIZ. **Energia Solar**. 2020. Disponível em: [https://g20mais20.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/227/2/2020\\_CDS\\_110.pdf](https://g20mais20.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/227/2/2020_CDS_110.pdf). Acesso em mar.2023.
- ECOENERGIAS. **Placa Solar Fotovoltaica**: processo de fabricação e insumos.2019.
- FULLTECH. **Diferença entre painel solar monocristalino e policristalino**. 2018.
- HAMILTON, C. J. **O sol**. 1997 Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/ast/solar/portug/sun.htm>. Acesso em ago. 2023.



- ITSOLAR. **O que é OPV? Painéis Solares Fotovoltaicos Orgânicos**. 2019.
- MECATRONSOLAR. **Painéis Fotovoltaicos de Silício Policristalino**. 2018.
- MOLINA. **Conheça mais sobre os diferentes tipos de painel solar**. 2019. Disponível em: <<https://engegrid.com.br/blog/conheca-mais-sobre-os-diferentes-tipos-de-painel-solar/>>. Acesso em abr. 2023.
- OPUSSOLAR. **Conheça o processo de fabricação dos Painéis Solares**. 2020.
- PANORAMA COMERC. **Energia solar no Brasil e no mundo**. 2015.
- PORTAL SOLAR. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica**. 2020.
- PORTAL SOLAR. **Tipos de Painel Solar Fotovoltaico**. 2021a.
- PORTAL SOLAR. **Passo a Passo da Fabricação do Painel Solar**. 2021b.
- REGET/UFSM. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. 2016.
- RUY. **O Guia Mais Absurdamente Completo da Energia Solar Fotovoltaica: Entenda Tudo**. 2019.
- SOUSA, RAFAELA. **Energia Solar**; Brasil Escola.
- TORRES. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. 2012.
- WAGNER. **Como funciona o painel solar**. 2018 ABDEL-AAL, R.E.; AL-GARNI, Z. Forecasting Monthly Electric Energy Consumption in eastern Saudi Arabia using Univariate Time-Series Analysis. **Energy**, v. 22, n.11, p.1059-1069, 1997.





# 10

O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE  
ENERGÉTICA ALTERNATIVA

THE USE OF PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY AS AN  
ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Taiky Vilar Costa  
Jéssica Zamaia

## Resumo

A energia solar é uma fonte renovável e limpa de energia que envolve a conversão da luz do sol em eletricidade utilizando painéis solares. Esses painéis, compostos por células fotovoltaicas, capturam a luz do sol e os convertem diretamente em eletricidade ou aquecem para gerar vapor, que acionam turbinas para produzir eletricidade. A energia solar oferece uma alternativa sustentável e de baixo impacto ambiental em comparação com fontes de energia convencionais, contribuindo para a redução das emissões de carbono e a mitigação das mudanças climáticas. Mas como a energia solar fotovoltaica vem sendo utilizada como fonte energética alternativa ao longo da história até os dias atuais? O artigo se vale de uma pesquisa bibliográfica, o que permitiu um apanhado geral e mais aprofundado das principais ideias e pesquisas realizadas sobre o tema, o que possibilitou compreender o percurso histórico da energia solar, demonstrando como essa tecnologia passou de aplicações simples como aquecimento de água para aplicações mais importante como fonte de eletricidade limpa e sustentável no mundo moderno.

**Palavras-chave:** Energia Solar. Fonte de Energia. Sustentável.

## Abstract

Solar energy is a clean, renewable source of energy that involves converting sunlight into electricity using solar panels. These panels, made up of photovoltaic cells, capture sunlight and convert it directly into electricity or heat it to generate steam, which drives turbines to produce electricity. Solar energy offers a sustainable, low-impact alternative to conventional energy sources, contributing to the reduction of carbon emissions and the mitigation of climate change. But how has photovoltaic solar energy been used as an alternative energy source throughout history up to the present day? The article draws on bibliographic research, which allowed for a general and more in-depth overview of the main ideas and research carried out on the subject, which made it possible to understand the historical path of solar energy, demonstrating how this technology went from simple applications such as water heating to more important applications as a source of clean and sustainable electricity in the modern world.

**Keywords:** Solar Energy. Energy Source. Sustainable.



## 1. INTRODUÇÃO

O uso da energia solar tem uma longa história que remonta a milhares de anos, quando os antigos gregos e romanos construíam suas casas de forma a aproveitar ao máximo o calor natural do sol, orientando as janelas para o sul para permitir que a luz solar entrasse nas habitações, ou quando os antigos egípcios usavam espelhos planos feitos de cobre polido ou bronze para refletir a luz do sol em um único ponto, criando fogo por concentração dos raios solares. Essa técnica era utilizada principalmente como método de ignição das tochas durante rituais religiosos.

A energia solar fotovoltaica é uma forma de energia renovável que se obtém a partir da conversão da radiação solar em eletricidade. É muito vantajosa em comparação com outras formas de geração de energia. É uma fonte de energia renovável, limpa e não emite gases de efeito estufa. Além disso, a energia solar é abundante em muitos lugares do mundo, o que significa que pode ser utilizada para produzir energia em zonas remotas onde não há acesso à rede elétrica.

Levando em consideração todo o contexto global, percebe-se um cenário de grande escassez dos recursos naturais. O aquecimento global vem agravando o quadro climático do planeta e o aumento da demanda da população por energia, tem levado as autoridades no assunto a uma crescente busca pela expansão das fontes de energia alternativas. De acordo com Gore (2014, p.32), “a civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate”. Uma das opções de fonte de energia alternativa seria a utilização de energia fotovoltaica, que além de ser favorável para a minimização de gastos econômicos, também visa a redução do impacto ambiental.

O Brasil tem um potencial grande quando se trata de energias renováveis, tendo destaque para a energia hídrica, eólica e a solar. Tendo isso em mente, o Brasil vem pesquisando formas de investir em uma nova tecnologia, a energia solar, tendo em vista que outros países, com menor potencial solar, estão se destacando na geração fotovoltaica. Pesquisar sobre a utilização desse tipo de energia crescido, cada vez mais a população tem se conscientizado para os impactos gerais ao planeta e suas consequências. Grandes empresas e o setor da indústria já se utilizam da energia solar a tempo suficiente para atestar sua relevância no mercado energético.

Estudar sobre energia solar é importante por diversos motivos. Um dos principais é a necessidade de buscar alternativas sustentáveis para suprir a demanda energética da sociedade, reduzindo o impacto ambiental causado pelas fontes de energia tradicionais. Outro motivo importante é o aspecto econômico. Com a instalação de painéis solares fotovoltaicos em residências ou empresas, pode-se produzir mais do que se consome e até mesmo vender o excedente para a rede elétrica, gerando economia na conta de luz. O estudo da tecnologia envolvida na captação e conversão da energia solar também pode ser útil para profissionais interessados em trabalhar no setor das energias renováveis ou mesmo em áreas afins como engenharia elétrica ou mecânica.

No geral, a energia solar desempenha um papel crucial na sociedade, auxiliando na transição para um sistema energético mais sustentável, ajudando a reduzir as emissões de carbono, melhorar a segurança energética, criar empregos e fornecer acesso à eletricidade para comunidades em todo o mundo.

O artigo tem por objetivo analisar como a energia solar fotovoltaica vem sendo utilizada

como fonte energética alternativa ao longo da história até os dias atuais. Bem como conhecer o percurso histórico do uso da energia solar, entender como funciona a conversão de energia solar em energia elétrica e diferenciar os métodos de implantação utilizados hoje em dia.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A pesquisa em questão se classificará como uma revisão bibliográfica por ser uma pesquisa desenvolvida com base em materiais já organizados e sistematizados, tais como pesquisas já elaboradas e publicadas, artigos científicos, dissertações e livros. Todo tipo de pesquisa e estudo se vale desse tipo de metodologia, porém existem algumas pesquisas que são elaboradas somente a partir de fontes bibliográficas. Esse tipo de pesquisa é importante porque permite ao pesquisador ter uma visão ampla e aprofundada do assunto que está estudando. Além disso, a pesquisa bibliográfica ajuda na identificação das lacunas existentes no conhecimento já produzido sobre o tema em questão. Como Prodanov e Freitas (2013) afirmam, o levantamento bibliográfico permite um apanhado geral das principais pesquisas realizadas sobre o tema, permitindo uma melhor organização das informações obtidas.

Quanto aos objetivos, a pesquisa se valerá de uma abordagem descritiva, que vem possibilitar a análise e comparação das informações obtidas através de pesquisas, sem manipular-las. A pesquisa descritiva busca descrever os componentes dos dados, proporcionando uma nova visão, sem que o pesquisador possa interferir. (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Com um caráter qualitativo, levará em consideração a relação da energia solar com o meio social, considerando o percurso histórico, que segundo Prodanov e Freitas (2013), é uma conexão inseparável, do objeto de estudo e seu meio, que não pode ser explicado através de números. Os métodos qualitativos consideram mais importante a interpretação das informações por parte do pesquisador levando em consideração também, suas opiniões sobre o fenômeno em estudo.

### 2.2 Resultados e Discussão

Segundo Peruzzo e Junior (2021), a energia solar tem uma longa história que remonta a milhares de anos, desde o desenvolvimento das tecnologias modernas de captação e conversão da energia solar.

O percurso histórico começa na década de 1830, onde o cientista francês Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, observando que certos materiais geravam uma corrente elétrica quando expostos à luz solar. Passando pela década de 1880 com o inventor americano Charles Fritts que experimentou a primeira célula solar fotovoltaica usando selênio revestido de ouro para converter a luz solar em eletricidade. No entanto, essa célula solar tinha uma eficiência muito baixa. Na década de 1950 a tecnologia fotovoltaica começou a se desenvolver rapidamente com o avanço dos semicondutores. A Bell Laboratories, nos Estados Unidos, produziu a primeira célula solar de silício de alta eficiência. Seguindo pela década de 1970 com a crise do petróleo, na qual houve um aumento no interesse pela energia solar como uma alternativa aos combustíveis fósseis. A pesquisa e o desenvolvimento de sistemas solares foram incentivados em vários países. (Peruzzo; Junior, 2021)

Já na década de 1980 houve um crescimento significativo na instalação de sistemas





solares fotovoltaicos em residências e empresas, especialmente em locais isolados onde a eletrificação convencional era difícil. Transitando pela década de 1990, onde uso da energia solar continua a se expandir, impulsionado pela conscientização ambiental e pelo avanço da tecnologia. Grandes usinas solares levaram a ser construídas em diferentes partes do mundo. Percorrendo a década de 2000, com um aumento acentuado na capacidade de produção de células solares e uma diminuição significativa nos custos. Vários países implementaram políticas de incentivo, como tarifas de alimentação e programas de incentivo fiscal, para promover a energia solar. Por fim na década de 2010 aos dias atuais, a energia solar se tornou uma das fontes de energia renovável de crescimento mais rápido em todo o mundo. A capacidade instalada de energia solar aumentou consideravelmente, impulsionada pela redução dos custos dos painéis solares, avanços tecnológicos e apoio político. (PERUZZO; JUNIOR, 2021)

Houve um aumento notável na capacidade instalada de energia solar, com parques solares em grande escala, sistemas fotovoltaicos em telhados residenciais e comerciais, além de projetos de energia solar em áreas remotas e comunidades rurais.

Atualmente a energia solar está se tornando cada vez mais competitiva em termos de custo em relação às fontes tradicionais de energia. Ela continua a se expandir globalmente, impulsionada pela necessidade de mitigar as mudanças climáticas, diversificar a matriz energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. A pesquisa e o desenvolvimento na área estão focados em melhorar a eficiência dos painéis solares, armazenamento de energia e integração de sistemas solares em redes elétricas, além de reduzir os custos e explorar novas tecnologias, como células solares de película fina e sistemas de armazenamento de energia. A energia solar desempenha um papel fundamental na transição para uma matriz energética mais sustentável e é considerada uma das principais soluções para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climáticas (MME, 2016).

A conversão de energia solar em energia elétrica envolve a utilização de dispositivos chamados painéis solares fotovoltaicos. Esses painéis são projetados para capturar a energia da luz solar e convertê-la em eletricidade. Aqui está uma visão geral simplificada de como esse processo funciona, tem-se a captura da luz solar com os painéis solares são feitos de células solares, geralmente feitas de silício, que são sensíveis à luz solar. Quando a luz solar incide sobre essas células, ela contém partículas de energia chamadas fótons, que são absorvidas pelas células solares. A liberação de elétrons, quando os fótons são absorvidos pelas células solares, eles fornecem energia suficiente para os elétrons em átomos de silício se moverem para um estado de alta energia. Isso cria uma corrente elétrica de elétrons livres. A geração de corrente contínua (CC), onde a corrente elétrica produzida nas células solares é inicialmente uma corrente contínua (CC). Esta corrente CC é a forma de eletricidade produzida pelos painéis solares. Tem-se o inversor, onde a eletricidade em corrente contínua (CC) é então direcionada para um dispositivo chamado inversor solar. O inversor é responsável por converter a corrente contínua em corrente alternada (CA), que é a forma de eletricidade usada na maioria das casas e edifícios. E o uso ou armazenamento, na qual a eletricidade em corrente alternada (CA) produzida pelo inversor pode ser usada imediatamente para alimentar dispositivos elétricos em uma residência ou empresa. Alternativamente, pode ser enviada para a rede elétrica para ser usada por outras pessoas (gerando créditos de energia) ou armazenada em baterias para uso posterior, especialmente quando o sol não está brilhando.

A conversão da radiação solar em eletricidade é uma tecnologia relativamente recente. A primeira célula fotovoltaica foi criada em 1839 pelo físico francês Alexandre-Edmond Becquerel. Mas somente no século XX é que começaram a surgir as primeiras aplicações

mais próximas das atuais células fotovoltaicas. Por exemplo, durante a Segunda Guerra Mundial, havia interesse militar em dispositivos capazes de converter a luz do sol diretamente em eletricidade para alimentar equipamentos militares. A partir da década de 1950 foram desenvolvidas as primeiras células solares comerciais para uso espacial, e posteriormente a tecnologia se popularizou e se tornou cada vez mais acessível ao público geral.

Hoje, percebe-se muitas aplicações práticas da energia solar fotovoltaica tanto para geração residencial quanto industrial de eletricidade. A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia renovável importante e em crescimento constante, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética em muitos países. A tecnologia continua a avançar, com pesquisas em andamento para aumentar a eficiência das células solares, reduzir os custos e tornar a energia solar ainda mais acessível e eficaz.

É importante mencionar que a eficiência dos painéis solares varia, e fatores como a intensidade da luz solar, a orientação dos painéis e a qualidade dos componentes do sistema também afetam o desempenho. No entanto, a conversão de energia solar em energia elétrica é uma fonte de energia limpa e renovável que está se tornando cada vez mais popular como uma forma sustentável de geração de eletricidade.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar). A energia solar fotovoltaica atingiu 23,9 gigawatts (GW) de capacidade instalada no Brasil, ultrapassou a energia eólica (que tem 23,8 GW) e se tornou a segunda maior fonte de geração do Brasil.

Todos os meses, a ABSOLAR (2023) analisa e consolida dados do setor e produz um infográfico com o cenário da energia solar FV no País. Confira a versão mais recente abaixo:

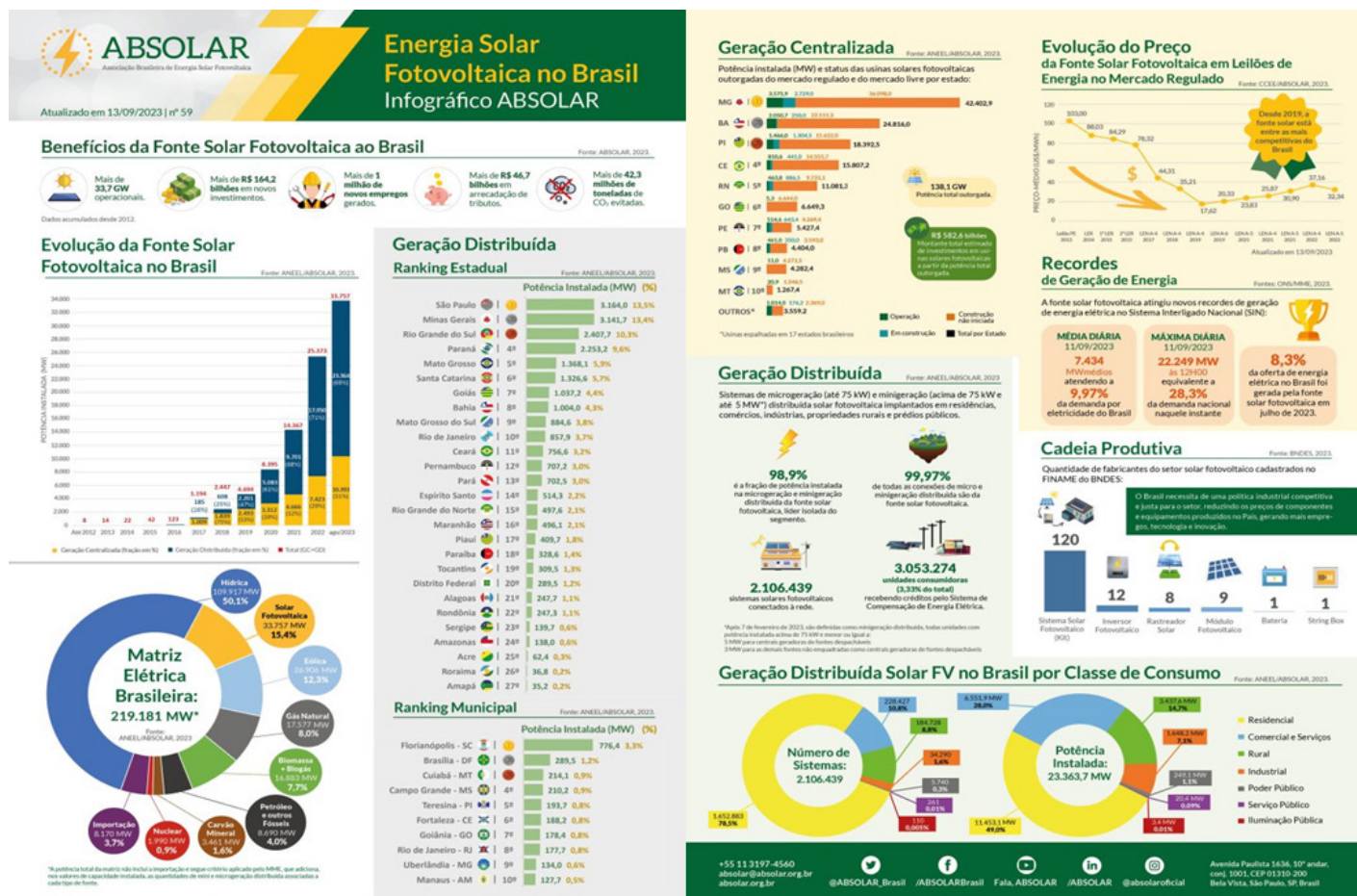


Figura 1. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

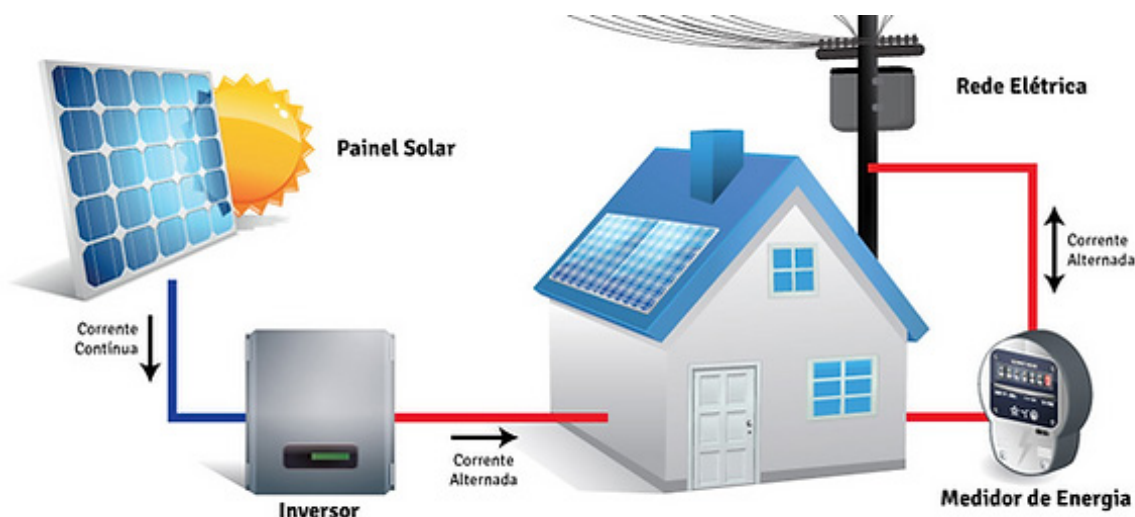
Fonte: ABSOLAR, 2023



Ao observar na figura 1, percebe-se que o Brasil superou a marca de 2 milhões de sistemas solares fotovoltaicos instalados em telhados, fachadas e pequenos terrenos. Desta forma, são 22 gigawatts (GW) de potência instalada em residências, comércios, indústrias, propriedades rurais e prédios públicos. Como ver-se que, em 2023, a energia solar superou a fonte eólica, ocupando o segundo lugar na matriz elétrica brasileira.

Segundo a ABSOLAR (2023), as perspectivas para este ano é a produção entre 25 e 28 GW. O ano de 2022 terminou com quase 18 GW de potência instalada. Este ano, a perspectiva é de acréscimo de mais 10 GW de capacidade instalada.

Observa-se que o potencial brasileiro para produção de energia solar é enorme e bem aproveitado pelo brasileiro. Observa-se na pesquisa que, o sistema de conversão de energia solar em energia elétrica não é complicado, ocorre quando a luz solar incide sobre as células fotovoltaicas dos painéis solares, os elétrons presentes no material semicondutor são excitados e começam a se mover, gerando uma corrente elétrica. Essa corrente é então captada e convertida em energia elétrica utilizável por meio de um inversor, que transforma a corrente contínua em corrente alternada, como pode-se observar na figura 2.



**Figura 2.** Processo de conversão de energia solar em energia elétrica

Fonte: Google Imagens, em 2023

Essa tecnologia é uma forma sustentável e limpa de gerar energia, pois utiliza uma fonte renovável e não emite poluentes.

Os painéis fotovoltaicos são formados por várias dessas células interconectadas entre si. Quando um grande número delas é conectado em série ou paralelo, elas podem gerar tensões e correntes maiores para atender às necessidades energéticas das residências ou empresas.

Para maximizar a eficiência na conversão da energia solar em eletricidade, os painéis devem estar posicionados adequadamente para capturar o máximo possível de radiação solar durante o dia. Além disso, existem dispositivos chamados inversores que convertem a corrente contínua produzida pelas células solares em corrente alternada utilizável pelos aparelhos domésticos e pela rede pública.

Em resumo, a conversão da energia solar em eletricidade ocorre através do uso de células solares capazes de transformar diretamente a radiação solar em corrente elétrica contínua que pode ser usada diretamente pelos consumidores ou enviada à rede pública após passar pelo processo de inversão adequado.



Os sistemas fotovoltaicos são sistemas que utilizam células solares para converter a energia solar em eletricidade. Existem vários tipos de sistemas fotovoltaicos, sendo os mais comuns os sistemas conectados à rede elétrica (on-grid) e os sistemas autônomos ou isolados da rede (off-grid).

O método conectado à rede elétrica, também conhecido como sistema on-grid, é um tipo de instalação de energia solar fotovoltaica em que os painéis solares são conectados diretamente à rede elétrica da concessionária. Esse sistema permite que a eletricidade gerada pelos painéis seja utilizada pela própria residência ou empresa, mas também pode ser enviada para a rede elétrica pública quando houver produção excedente. (PEREIRA; OLIVEIRA, 2011).

Nesse modelo, o excesso de energia produzida durante o dia é enviado para a rede elétrica e registrado pelo medidor bidirecional, sendo creditado na conta do consumidor. Já durante a noite ou em dias nublados com pouca geração solar, o consumo de energia é suprido normalmente pela concessionária.

Uma das principais vantagens desse sistema é que não há necessidade de armazenamento da energia gerada pelos painéis solares em baterias, já que ela pode ser facilmente injetada na rede e utilizada posteriormente. Além disso, esse modelo reduz significativamente os custos com eletricidade ao longo do tempo e ainda contribui para uma maior sustentabilidade ambiental.

No entanto, vale lembrar que essa modalidade depende da disponibilidade e qualidade da conexão à rede elétrica local. É importante verificar as normas regulatórias locais antes de optar por esse tipo de instalação.

Já no método autônomo, também conhecido como sistema off-grid, é um tipo de instalação de energia solar fotovoltaica em que os painéis solares são utilizados para suprir a demanda energética da residência ou empresa sem estar conectado à rede elétrica pública. Nesse modelo, a energia gerada pelos painéis é armazenada em baterias e utilizada quando necessário. Esse sistema é ideal para locais remotos onde não há disponibilidade de conexão com a rede elétrica pública ou para situações em que o custo da conexão seria muito alto. No entanto, ele exige um maior investimento inicial na compra das baterias e controladores necessários para armazenar e regular a energia gerada pelos painéis solares (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Uma das principais vantagens desse sistema é que ele proporciona uma maior autonomia energética ao consumidor, já que não depende da disponibilidade e qualidade da conexão com a rede elétrica local. Além disso, esse modelo contribui significativamente para uma menor pegada ambiental ao utilizar fontes renováveis de energia.

Existem diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos, cada um com suas características e aplicações específicas. Sistema fotovoltaico conectado à rede (on-grid), o tipo mais comum e consiste em painéis solares que estão conectados à rede elétrica. A energia gerada pelos painéis é utilizada para alimentar a casa ou empresa, e o excesso de energia é enviado de volta à rede, gerando créditos ou descontos na conta de energia. Sistema fotovoltaico off-grid, utilizado em áreas remotas ou onde não há acesso à rede elétrica. Ele utiliza baterias para armazenar a energia gerada pelos painéis solares, permitindo o uso da energia mesmo durante a noite ou em dias nublados.



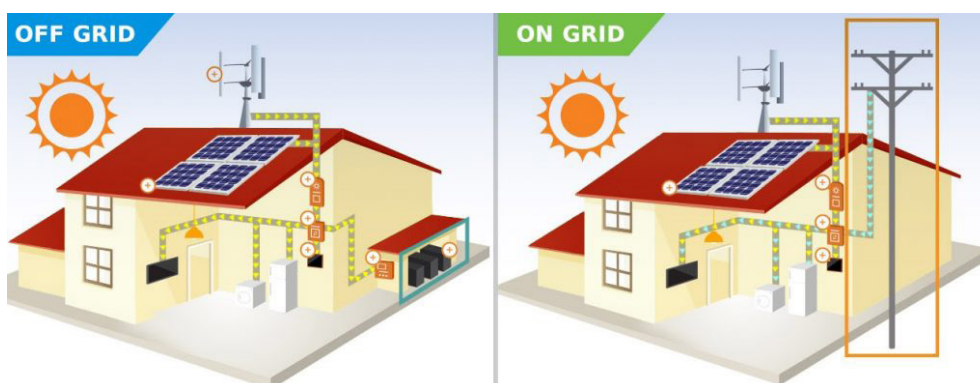


Figura 3. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Fonte: Google Imagens, em 2023

Infere-se que, a partir desta pesquisa que a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica só traz benefícios tanto para o indivíduo como para o meio ambiente. Levando em consideração a sustentabilidade, pois a energia solar é uma fonte renovável e inesgotável, ao contrário dos combustíveis fósseis, que têm um impacto negativo no meio ambiente. Ao utilizar a energia solar, contribui-se para a preservação do planeta e para a sustentabilidade das gerações futuras. Levando em consideração a economia de custos, embora o investimento inicial possa ser significativo, a longo prazo a energia solar pode ajudar a reduzir ou até mesmo eliminar os gastos com energia elétrica. Com o tempo, os painéis solares podem pagar-se e até gerar economia financeira. Levando em consideração a autonomia energética, pois ao utilizar a energia solar, você se torna menos dependente das concessionárias de energia elétrica. Isso pode ser especialmente útil em áreas remotas ou em situações de falta de energia. E a valorização do imóvel, já que a instalação de um sistema de energia solar pode valorizar o imóvel, tornando-o mais atraente para potenciais compradores. Além disso, a energia solar é um diferencial sustentável cada vez mais valorizado no mercado imobiliário.

No entanto, vale lembrar que o dimensionamento correto do sistema é fundamental nesse caso, já que as baterias têm capacidades limitadas e podem descarregar rapidamente se houver consumo excessivo de energia. É importante contar com profissionais especializados na hora de projetar essa modalidade de instalação solar fotovoltaica.

Ambos os métodos têm vantagens e desvantagens diferentes e devem ser escolhidos com base nas necessidades específicas de cada cliente.

## 4. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa, compreende-se que o percurso histórico da energia solar demonstra como essa tecnologia passou de aplicações simples de aquecimento de água para uma importante fonte de eletricidade limpa e sustentável no mundo moderno. Com o aumento da conscientização sobre as mudanças climáticas e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, a energia solar desempenha um papel cada vez mais vital na matriz energética global.

Conclui-se que a conversão da energia solar em eletricidade é feita através do uso de células solares, que são o principal componente dos painéis fotovoltaicos. As células solares são compostas por camadas finas de materiais semicondutores, geralmente silício. Quando a luz solar incide sobre esses materiais, os fótons da luz estimulam a liberação de elétrons dos átomos do material semicondutor. Esses elétrons livres se movem e geram



uma corrente elétrica contínua que pode ser utilizada para alimentar aparelhos ou armazenada em baterias para uso posterior.

Cada um desses métodos de implantação da energia solar tem suas vantagens e desvantagens, e a escolha depende das necessidades específicas, do orçamento e das condições locais. A energia solar continua a se expandir e evoluir, desempenhando um papel crucial na transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

## Referências

GOPE, A. **Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática**. Our choice: a planto solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2014.

MME - Ministério de Minas e Energia. Demanda de Energia 2050. Nota Técnica DE 13/15, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2016.

PANORAMA da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. ABSOLAR, 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 20 SET. 2023.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PERUZZO, Ezequias Silveira; JUNIOR, Guilherme Peters. **A História da Energia Solar Fotovoltaica**, Solar Inove, 2021. Disponível em: <https://blog.mettzer.com/referencia-de-sites-e-artigos-online/#:~:text=peri%C3%B3dica%20com%20autor-SOBRENOME%2C%20Nome,Dispon%C3%ADvel%20em%3A%20URL>. Acesso em: 10 mai. 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações. São Paulo: Erica, 2012.



# 11

## SMART GRID: O FUTURO DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA SMART GRID: THE FUTURE OF ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Jorge Lucas Oliveira Santos

## Resumo

O tema de estudo “Smart Grid: o futuro dos sistemas elétricos de potência” tem relação com a crescente integração de tecnologia da informação para resolução de problemas complexos, como o gerenciamento de potência de uma rede elétrica que precisa lidar, de forma independente, eficiente e rápida, com diferentes tipos de cargas (carros elétricos, geradores de energia distribuídos e consumidores) que estão cada vez mais presente no sistema de distribuição, assim como resolver possíveis falhas na distribuição de energia. Para isso, é necessário elevar o sistema elétrico atual a um novo patamar de confiabilidade, disponibilidade, segurança e eficiência, que serão possíveis somente através da automatização da rede. O objetivo geral desta pesquisa é apresentar as principais tecnologias que compõem uma *Smart Grid*, bem como seus conceitos. Será utilizada a revisão de literatura como metodologia de pesquisa de caráter exploratório a fim de levantar materiais bibliográficos referentes ao tema em questão. O escopo de estudo desta pesquisa inclui a apresentação de conceitos e arquiteturas das principais tecnologias relacionadas à *Smart Grid*, portanto, temas como viabilidade, impactos socioeconômicos e ambientais, entre outros, não serão abordados.

**Palavras-chave:** *Smart Grid*. SG. Geração Distribuída. Tecnologia da informação.

## Abstract

The study theme “Smart Grid: the future of electrical power systems” is related to the growing integration of information technology to solve complex problems, such as the power management of an electrical grid that needs to deal independently, efficiently and quickly with different types of loads (electric cars, distributed power generators and consumers) that are increasingly present in the distribution system, as well as to resolve possible failures in the energy distribution. To this end, it is necessary to raise the current electrical system to a new level of reliability, availability, safety and efficiency, which will only be possible through the automation of the grid. The general objective of this research is to present the main technologies that make up a Smart Grid, as well as their concepts. A literature review will be used as an exploratory research methodology in order to gather bibliographical materials related to the topic in question. The scope of this research includes the presentation of concepts and architectures of the main technologies related to the Smart Grid, therefore, topics such as feasibility, socioeconomic and environmental impacts, among others, will not be addressed.

**Keywords:** Smart Grid. SG. Distributed Generation. Information Technology.



## 1. INTRODUÇÃO

Desde seu surgimento, o sistema de distribuição de energia elétrica não passou por nenhuma mudança significativa em sua estrutura, possuindo ainda tecnologias que remontam ao final do século XIX. Contudo, o crescimento populacional, juntamente com o surgimento de novas tecnologia como veículos elétricos e geradores fotovoltaicos instalados na rede, tem forçado à criação de novas formas de se gerenciar uma rede de distribuição de energia elétrica. Portanto, torna-se cada vez mais necessário melhorar a eficiência e dimensionamento do sistema de distribuição a fim de comportar essas novas tecnologias e atender novas demandas. Para alcançar tal objetivo, a integração de sistemas inteligentes de comunicação com centros de controle, supervisão e medição se torna imprescindível. Nesse sentido, são propostas as Redes Inteligentes ou *Smart Grids*, que apresentam uma oportunidade de elevar os níveis de confiabilidade, disponibilidade e eficiência da rede elétrica.

Em vista disso, cada vez mais o sistema de distribuição deve ser capaz de, além de fornecer energia elétrica ao consumidor, ler e interpretar dados de medidores e da própria rede elétrica, bem como lidar com a geração distribuída e adição de novos tipos de cargas, como carros elétricos e bancos de armazenamento de energia, por exemplo. Dessa forma, estudar as *Smart Grids* é importante para que profissionais e pesquisadores da área de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica entendam quais conhecimentos e habilidades são requisitadas por este novo sistema de distribuição de energia, uma vez que esse representa uma oportunidade sem precedentes de levar a indústria de energia para um novo patamar de confiabilidade, disponibilidade e segurança.

A fim de compreender melhor as *Smart Grids*, pode-se analisar suas estruturas e as tecnologias que as compõem. Assim, uma pergunta que se faz é: quais os principais elementos que diferenciam uma rede inteligente de uma tradicional?

Nesse sentido, este material objetiva realizar uma análise sistêmica dos componentes que compõem uma *Smart Grid* por meio da apresentação de seu conceito, arquitetura, principais componentes e como se intercomunicam.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A metodologia utilizada será a pesquisa através de revisões bibliográficas a partir de materiais já finalizados que incluem livros, artigos, relatórios, estudos técnicos, entre outros trabalhos.

Serão selecionadas fontes publicadas nos últimos 15 anos em sites, livros, revistas técnicas, artigos, entre outros, que possuem alguns termos intrinsecamente relacionados à temática, tais como: *Smart Grid*, Redes Inteligentes, TI, TC, energia, geração distribuída, Smart Meters, automação, controle.

Após a coleta dos materiais, será realizada uma leitura objetiva, analisando o conteúdo. Havendo um bom nível de afinidade com a temática, uma análise mais aprofundada será realizada a fim de extrair dados essenciais para construção do trabalho.

## 2.2 Resultados e discussão

### 2.2.1 O Sistema Elétrico de Potência

Um sistema elétrico de potência é formado, em suma, por usinas geradoras de energia elétrica, linhas de transmissão de alta tensão e sistemas de distribuição (ZANETTA, 2006).

Segundo a ANEEL (2022), O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e por instalações e equipamentos que operam em níveis de alta tensão (maior ou igual a 69 kV e menor que 230 kV), média tensão (maior ou igual a 2,3 kV e menor que 69 kV) e baixa tensão (menor que 2,3 kV).

Geralmente a usina geradora se encontra longe dos centros urbanos e perto das fontes naturais de energia ou em pontos de maior incidência dessas, como as hidrelétrica e usinas solares fotovoltaicos, respectivamente. Ela é responsável pela etapa de transformação de energia da fonte primária (energia potencial hidráulica, energia cinética eólica, energia solar, etc.) em energia elétrica. No Brasil, o sistema de produção de energia elétrica é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. Essa energia é produzida em níveis de tensão da ordem de uma ou duas dezenas de quilovolts, sendo comum a tensão de 13,8 KV e frequência de 60 Hz no Brasil, porém esse valor de tensão é economicamente inviável para transmissão a longas distâncias, visto que as perdas por efeito joule aumentam com o comprimento dos cabos. Dessa forma, é necessário elevar a tensão para algumas dezenas ou centenas de quilovolts através de transformadores elevadores e, desse modo, diminuir a corrente elétrica e conseqüentemente as perdas. O processo de aumento da tensão é realizado nas subestações elevadoras antes de seguir para a etapa de transmissão.

Geralmente a usina geradora se encontra longe dos centros urbanos e perto das fontes naturais de energia ou em pontos de maior incidência dessas, como as hidrelétrica e usinas solares fotovoltaicos, respectivamente. Ela é responsável pela etapa de transformação de energia da fonte primária (energia potencial hidráulica, energia cinética eólica, energia solar, etc.) em energia elétrica. No Brasil, o sistema de produção de energia elétrica é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. Essa energia é produzida em níveis de tensão da ordem de uma ou duas dezenas de quilovolts, sendo comum a tensão de 13,8 KV e frequência de 60 Hz no Brasil, porém esse valor de tensão é economicamente inviável para transmissão a longas distâncias, visto que as perdas por efeito joule aumentam com o comprimento dos cabos. Dessa forma, é necessário elevar a tensão para algumas dezenas ou centenas de quilovolts através de transformadores elevadores e, desse modo, diminuir a corrente elétrica e conseqüentemente as perdas. O processo de aumento da tensão é realizado nas subestações elevadoras antes de seguir para a etapa de transmissão.

A fase de transmissão é responsável por conduzir a energia gerada e elevada para os centros de distribuição através de longos cabos aéreos fixados em grandes torres de metal em níveis de tensão que dependem da distância geográfica e quantidade de energia a ser transmitida. No Brasil são comuns níveis de transmissão de 230, 345, 440, 500 e 750 kV em corrente alternada (Medeiros, 2017).

As interconexões de linhas de transmissão constituem um sistema conhecido como Sistema Interligado Nacional que propicia a transferência de energia entre subsistemas, permite a obtenção de ganhos sinérgicos e possibilita o suprimento do mercado consumidor (ONS, 2022). No Brasil o SIN é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte.

A energia elétrica vinda das redes de transmissão ou até mesmo diretamente das





usinas geradoras, antes de chegar aos centros urbanos ou industriais, é reduzida para tensões menores nas subestações abaixadoras por questões de segurança, custo e isolamento de dispositivos. A rede de distribuição de energia elétrica é destinada ao transporte de energia a partir do barramento secundário de uma subestação até os pontos do consumo. Ela forma, nos centros urbanos, subsistemas classificados em dois níveis: rede de distribuição primária ou DP, com tensão de 13,8 KV, e rede de distribuição secundária ou DS, com tensões de 220/127 V e 380/220 V.

A tensão da rede primária é abaixada para a tensão da secundária através de transformadores em subestações abrigadas ou em postes (Medeiros, 2017). No Brasil, parte do setor de distribuição de energia elétrica é privada, comercialização possível graças à reestruturação do setor elétrico ocorrida na década de 1990.

### 2.2.2 Redes elétricas inteligentes (*Smart Grids* ou *SGs*)

O termo “*Smart Grids*” surgiu oficialmente em 2005 em um artigo escrito por S. Masoud Amin e Bruce F. Wollenberg, publicado na revista IEEE P&E chamado “*Toward A Smart Grid: power delivery for the 21st century*” e representa uma mudança de paradigma no setor elétrico, uma vez que considera a necessidade de tornar a distribuição de energia mais interativa por motivos que se diferenciam em cada país ou região. O CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) define as redes inteligentes como: “a rede elétrica que utiliza tecnologia digital avançada para monitorar e gerenciar o transporte de eletricidade em tempo real com fluxo de energia e de informações bidirecionais entre o sistema de fornecimento de energia e o cliente final” (2012, p. 13), já o DOE (*United States Department of Energy*) as define como: “tecnologias, equipamentos e controles que permitem a comunicação bidirecional entre a concessionária e seus clientes e o sensoriamento ao longo das redes de transmissão”. Embora existam diversos conceitos sobre as SGs por se tratar de um tema amplo, pode-se afirmar que se referem a ideia de utilizar novas tecnologias para o monitoramento e controle do fluxo de energia em uma rede elétrica.

O rápido crescimento de consumo de energia no mundo, além do surgimento de novos tipos de cargas como carros elétricos e geradores distribuídos, estimulam governos a buscarem alternativas sustentáveis e seguras para atender esta demanda.

Para tanto, necessita-se de um maior controle do fluxo de energia, agora bidirecional em algumas partes da rede, de acordo com informações obtidas a partir de sensores espalhados por toda sua estrutura. Dessa forma, por exemplo, dados obtidos de medidores inteligentes ajudariam a proporcionar a conexão e desconexão de consumidores, acompanhar informações do preço e consumo da energia em tempo real, identificar faltas e despachar equipes de manutenção, além de detectar e impedir o furto de energia” (CGEE, 2012, p. 102), informações poderiam ser obtidas a fim de redirecionar a energia em casos de falhas, de forma a isolar a seção defeituosa, e permitiria o fluxo bidirecional de energia de modo que o próprio consumidor final poderia ser um micro gerador de energia ao se conectar na rede.

Para Pires, Colak e Kurokawa (2022, p. 1), o surgimento da SG é fruto do “rápido desenvolvimento de fontes de energia renováveis, sistemas de armazenamento, tecnologia da informação e comunicação, e formas de integração de fontes de energia distribuídas”, ou seja, uma SG é possível graças a um conjunto de tecnologias. Contudo, nem todas as tecnologias precisam ser instaladas, uma vez que os componentes de uma GD variam de acordo com as necessidades da rede elétrica.

Segundo Zahran (2013), a fim de sintetizar as descrições e objetivos de uma Rede Inteligente, o DOE, liderado por um grupo de pesquisadores, definiu sete características de uma SG, sendo elas:

- Permitir a participação ativa de consumidores;
- Acomodar todas as opções de geração de armazenamento;
- Permitir novos produtos, serviços e mercados;
- Fornecer qualidade de energia para a gama de necessidades em uma economia digital;
- Otimizar a utilização de ativos e eficiência operacional;
- Antecipar e responder a distúrbios no sistema de maneira automática (*self healing*);
- Operar de forma resiliente contra físico e cyber ataques e desastres naturais.

Desse modo, as Redes Inteligentes apresentam uma oportunidade de elevar a indústria energética para um novo patamar de confiança, disponibilidade e eficiência, além de possibilitar o surgimento de uma gama de novos serviços e mercados.

### 2.2.3 Geração distribuída

Também chamada de geração descentralizada, ela é uma modalidade de geração de pequeno porte, sendo caracterizada por utilizar fontes renováveis (predominantemente fotovoltaicas) e por estar próximo do centro consumidor, reduzindo custos de transmissão, além da possibilidade de fornecer o excedente de energia para a rede de distribuição local. Como consequência disso, o consumidor, antes tendo uma posição passiva na rede elétrica, passa a ocupar uma posição ativa, uma vez que gera sua própria energia. Segundo o INEE (2019), a GD inclui:

- Co-geradores (em que o calor produzido na geração elétrica é usado no processo produtivo sob a forma de vapor);
- Geradores que usam como fonte de energia resíduos combustíveis de processo;
- Geradores de emergência;
- Geradores para operação no horário de ponta;
- Painéis fotovoltaicos;
- Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs.

A ANEEL (2022) subdivide a Geração Distribuída no Brasil de acordo com a potência instalada, sendo denominada microgeração distribuída aquela com potência até 75 KW e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 KW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de unidades consumidoras. Os estímulos à GD, cada vez mais crescente, se justificam pelos benefícios proporcionados à rede elétrica, tais como baixo impacto ambiental, redução de perdas na transmissão, maior agilidade e redução no carregamento das redes.

Quando pequenos produtores operam interligados à rede de distribuição em baixa tensão originam um novo sistema de potência chamado de microrrede a fim de minimizar as dificuldades na implantação da Geração Distribuída, uma vez que o isolamento de pequenas cargas e gerações pode fornecer maior confiabilidade no sistema completo



pela rápida capacidade de reação ante uma falha (Lopes *et al.*, 2012). Uma microrrede é composta por fontes de energia, consumidores finais e armazenadores, esse último quando operado em modo isolado, possuindo autonomia para fornecer energia padronizada e fazer o controle de carga-geração quando não conectado à rede principal.

Quando microrredes são conectadas entre si e operadas de modo conjunto e coordenado originam uma Planta Virtual de Geração (PVG) que é operada coletivamente por uma entidade de controle centralizado, pois assume a grandeza de uma planta convencional (CGEE, 2012).

Para tanto, é imprescindível o uso das tecnologias da informação e comunicação, até então utilizadas para dar suporte para a infraestrutura elétrica, para auxiliar na utilização de medidores eletrônicos, sensores e alguns componentes de rede. Dessa forma, será possível uma melhor administração do sistema elétrico no que se refere a ativos, energia e serviços prestados, resultando em uma maior eficiência técnica, econômica, social e ambiental (CGEE, 2012, p. 96).

## 2.2.4 Medição inteligente

O monitoramento da energia consumida e gerada é essencial para manter o bom funcionamento de uma rede elétrica. A coleta manual de dados de um medidor eletromecânico ainda ocorre em grande parte do mundo, bem como a conexão e desconexão de consumidores, e é o que demonstra um fluxo unidirecional da informação em uma rede elétrica. A substituição gradual desses medidores por medidores digitais é necessária, mas não suficiente para considerar uma rede inteligente. Para tanto, é preciso haver a integração, através do suporte das redes de telecomunicações, dos dispositivos que coletam dados, resultando em um sistema (Lopes *et al.*, 2012).

Nesse contexto, uma medição avançada refere-se a um sistema que abrange medidores capazes de, além de medir dados, processar, armazenar e possuir uma infraestrutura para comunicação bidirecional e *software* de aplicação para aquisição automática de dados de forma periódica e enviar dados de comando e controle remotamente para o medidor e sistema de gerenciamento (CGEE, 2012). Dessa forma, o medidor passa a ser um nó computacional e, portanto, inteligente. Esse sistema é chamado de AMI (*Advanced Metering Infrastructures*) ou Infraestrutura de Medição Avançada e é a base fundamental para a implementação do conceito de *Smart Grid*, uma vez que se trata da camada responsável por adquirir e gerenciar dados essenciais para os demais sistemas de uma SG. Segundo o DOE (2016), uma AMI é tipicamente composta por três componentes-chave: medidor inteligente (*Smart Meter*), Redes de Comunicação e sistemas de gerenciamento de dados do medidor (*Meter Data Management System* ou MDMS).

A comunicação bidirecional entre consumidor e concessionária propiciada pela medição inteligente permite a leitura automática de dados, automatizando serviços como faturamento, conexão e desconexão de consumidores, obtenção do preço e consumo de energia em tempo real, detecção de falhas, impedimento de furto de energia, entre outros.

### 2.2.4.1 Medidores inteligentes (*Smart Meter*)

O medidor inteligente o elemento central da AMI, possuindo funções como medir o consumo de energia elétrica do cliente em intervalos predefinidos, medir os níveis de tensão e monitorar o estado (ligado e desligado) do serviço, bem como enviar automaticamente esses dados para a concessionária a fim de processar, analisar, e os reenviar ao consumidor para geração precisa da fatura, feedback de energia e taxaço baseada no tempo de uso (*time-based rate*) (DOE, 2016).

### 2.2.4.2 Redes e sistemas de comunicação

Um *Smart Meter* requer uma rede de comunicação (meio de transmissão dos dados) que envie precisamente e de forma confiável um grande volume de fluxo de dados em tempo hábil (DOE, 2016), uma vez que o número de usuários e medidores é bem grande. Portanto, a escolha da rede de comunicação apropriada é um processo rigoroso e deve considerar, segundo Mohassel et al. (2014), os seguintes fatores:

- Grande quantidade de transferência de dados;
- Restrição no acesso aos dados;
- Confidencialidade de dados sensíveis;
- Representar a informação completa de consumo do cliente;
- Mostrar o estado da rede;
- Autenticidade dos dados e precisão na comunicação com o dispositivo alvo;
- Custo-benefício;
- Capacidade de hospedar recursos modernos, além dos requisitos da AMI;
- Suportar futuras expansões.

Várias topologias e arquiteturas de rede podem ser utilizadas para comunicação em uma AMI, dentre as quais, segundo Mohassel et al. (2014), se destacam:

- Operadora De Linha De Energia (*Power Line Carrier* ou PLC);
- Banda Larga Por Linha De Energia (*Broadband over Power Lines* ou BPL);
- Cobre Ou Fibra Ótica;
- Rede WiMax;
- *Bluetooth*;
- Serviço Geral por Pacote de Rádio (*General Packet Radio Service* ou GPRS);
- Internet;
- Satélite;
- Arquitetura Ponto-A-Ponto (*Peer-to-Peer* ou P2P);
- Zigbee.

A escolha da arquitetura utilizada para a comunicação varia com diversos fatores como características da área de serviço, como a tecnologia se encaixa nos objetivos operacionais, restrições do processo, entre outros. Dessa forma, as empresas customizam seus sistemas utilizando diversas abordagens, uma vez que não há uma abordagem padrão ou



configuração para redes de comunicação que suportem a estrutura da AMI. Apesar disso, muitas empresas utilizam sistemas de duas camadas para comunicação. A primeira camada de rede conecta pontos de coleta de dados (subestações e torres de transmissão) com a sede matriz, já a segunda conecta os pontos de coleta com os medidores inteligentes.

Na AMI, um sistema *Head-End* é responsável por gerenciar a comunicação de dados entre os medidores e outros sistemas de informação, realizando a transmissão e recepção dos dados, enviando comandos de operação para o medidor e armazenando dados do medidor para auxiliar no faturamento do cliente.

### 2.2.4.3 Gerenciamento de dados do medidor (*Meter Data Management* ou **MDM**)

Os dados obtidos dos *Smart Meters* são processados e armazenados no MDM. Esses dados incluem energia consumida, fator de potência, indicadores de qualidade, entre outros, que são agregados a fim de auxiliar no faturamento, eficiência operacional, gestão de interrupção e previsão de demanda de energia, serviços ao consumidor, rastreamento de consumo para detectar furtos, adulteração ou vazamento e perfil de carga (CGEE, 2012). Além disso, os dados também são compartilhados com o consumidor, parceiros, mercado operador e regulador, entre outros agentes externos. Portanto, pode-se concluir que o MDM se comporta como um repositório de dados do medidor que são utilizados para gerar informações úteis a partir dos perfis de carga dos consumidores.

### 2.2.7 *Self-healing*

A transmissão da energia elétrica desde a geração até o consumidor final enfrenta diversas dificuldades na operação, controle, eficiência e confiabilidade. Devido ao rápido crescimento de consumidores na rede, juntamente com o aumento de equipamentos eletrônicos e surgimento de carros elétricos e da geração distribuída, eficiência e confiabilidade tornam-se características cruciais para a rede.

Dessa forma, a necessidade de automação da rede de distribuição torna-se fundamental para diminuir o tempo de descontinuidade de fornecimento de energia elétrica, assim como reduzir custos operacionais de manutenção. Um termo utilizado para se referir a essa automação é o *Self-Healing* ou autorregeneração. Elgenedy e Ahmed (2015) definem o termo como a habilidade de um sistema distinguir automaticamente entre operando corretamente ou não e, a partir disso, aplicar a correta configuração a fim de retornar ao momento de operação normal. Além disso, exige-se também que esse sistema evite a propagação de distúrbios. Portanto, a implementação do *Self-Healing* na rede a torna mais confiável, resiliente e tolerante a falhas.

O *Self-Healing* pode ser implementado utilizando chaves seccionadoras, religadores controlados remotamente ou a combinação desses dois. Por haver abertura da malha, necessita-se que o sistema de distribuição possua rotas alternativas de fornecimento. Portanto, essa tecnologia é indicada para redes urbanas e suburbanas, não sendo indicada para áreas onde a distribuição é radial.

Uma das principais necessidades da autorregeneração, quando aplicado no sistema de distribuição, é a localização geográfica da falha. Há diversas propostas de capacidade de se localizar as falhas a nível de dispositivos de campo, como relés e religadores inteligentes, e a nível de gerenciamento do sistema de distribuição, o que inclui também a localiza-



ção de qualquer falta ou interrupção. A localização da falta identifica os componentes de alimentação (poste, linhas de transmissão e distribuição, etc.), enquanto a localização da interrupção identifica os dispositivos de proteção a serem operados a fim de isolar a falta.

### 2.2.7 Veículos elétricos

A tecnologia de veículos movidos a eletricidade (VE) tem evoluído muito nos últimos anos graças ao avanço nas áreas de microeletrônica e computação. A principal expectativa em relação ao VE é a diminuição da poluição causada pela queima de combustíveis fósseis utilizados nos carros a combustão. Para isso, é necessário que a energia que abastecerá o VE seja gerada a partir de fontes renováveis. Além disso, espera-se haver uma integração dos setores automotivos e elétricos (EPE, 2018).

Um dos grandes desafios para a utilização em larga escala dessa tecnologia são os pontos de abastecimento, uma vez que o VE se comporta como uma carga dinâmica. Dessa forma, o VE pode se tornar um problema para a rede caso haja uma demanda repentina e imprevista dessa carga juntamente com a demanda usual, geralmente à noite. tipicamente, os veículos passam a maior parte do dia estacionados, podendo-se utilizar dessa característica para equilibrar o sistema elétrico. Para isso, o VE deveria carregar-se no horário da manhã, quando a demanda de energia usual é mais baixa e a energia eólica gerada está relativamente em seu pico e injetar energia extra para a rede elétrica nos intervalos de alta demanda, se comportando como uma espécie de bateria, conceito chamado de “*vehicle to grid*” ou veículo na rede. Isso necessariamente requer um sistema inteligente que interaja com o EV para carregá-lo e descarregá-lo nos momentos mais adequados.

Portanto, a *Smart Grid* é fundamental para permitir o uso eficiente dos EVs, auxiliando nos ciclos de carga e descarga de forma inteligente, aumentando a confiabilidade do sistema elétrico.

## 3. CONCLUSÃO

Por meio do estudo, pôde-se conhecer os principais elementos tecnológicos que formam uma *Smart Grid*, bem como sua estrutura organizacional e como tais tecnologias se intercomunicam.

Nota-se que uma rede inteligente se diferencia de uma rede tradicional por utilizar elementos da tecnologia da informação para gerar dados e gerenciar o sistema, o que a torna, em até certo nível, independente de decisões humanas.

Isso se evidencia, por exemplo, na medição automática de energia utilizada pelo cliente através do próprio medidor, dispensando um profissional para essa tarefa, e na resiliência do sistema quando ocorre uma falha através do seu isolamento e busca de meios a fim de mitigar o problema.

Foram abordados o conceito de *Smart Grid*, bem como sua estrutura organizacional e arquitetura de comunicação utilizada.

## Referências

ABRAHAMSEN, Fredrick; AI, Yun; CHEFFENA, Michael. **Communication Technologies for Smart Grid: A Comprehensive Survey**. Sensors. 2021. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&>



source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjypOfxyZX7AhVUqpUCHaMuBL0QFnoECAoQAAQ&url=https%3A%2F%2Fmdpi-res.com%2Fattachement%2Fsensor%2Fsensor-21-08087%2Farticle\_deploy%2Fsensor-21-08087.pdf%3Fversion%3D1638521138&usg=AOvVaw1oo3Mu3xSaoTaFgDICZJKD. Acesso em: 10 out. 2022

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 21 out. 2022

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Regulação**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/regulacao>. Acesso em: 11 out. 2022

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Redes elétricas inteligentes (Smart Grid):** oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes_P.pdf). Acesso em: 4 out. 2022

BARBOSA, Pedro; BRITO, Andrey; ALMEIDA, Hyggo. **Defending Against Load Monitoring in Smart Metering Data Through Noise Addition**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/306031618\\_Defending\\_against\\_load\\_monitoring\\_in\\_smart\\_metering\\_data\\_through\\_noise\\_addition](https://www.researchgate.net/publication/306031618_Defending_against_load_monitoring_in_smart_metering_data_through_noise_addition). Acesso em: 29 out. 2022

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Redes Elétricas Inteligentes:** contexto nacional. Brasília, DF. CGEE. 2012.

ELGENEDY, Mohamed; AHMED, Shehab. **Smart Grid Self-Healing: Functions, Applications, and Developments**. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/274714704\\_Smart\\_Grid\\_Self-Healing\\_Functions\\_Applications\\_and\\_Developments](https://www.researchgate.net/publication/274714704_Smart_Grid_Self-Healing_Functions_Applications_and_Developments). Acesso em: 1 out. 2022

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Eficiência Energética e Geração Distribuída**. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-75/Cap9\\_Texto.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/topico-75/Cap9_Texto.pdf). Acesso em: 21 out. 2022

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021**. 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A9rio\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A9rio_2021.pdf). Acesso em: 10 out. 2022

ENERGÊS. **O QUE VOCÊ PRECISA SABER SOBRE SUBESTAÇÕES EM MÉDIA TENSÃO**. Disponível em: <https://energes.com.br/o-que-voce-precisa-saber-sobre-subestacoes-em-media-tensao/>. Acesso em: 18 out. 2022

ENTIDADE NACIONAL DE ELETRICIDADE (ENEL). **Detalhes do medidor inteligente**. Disponível em: <https://www.enel.com.br/pt/Redes-do-Futuro/sp-do-futuro/Medidor-Inteligente/detalhes-do-medidor-inteligente.html>. Acesso em: 28 out. 2022

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **O que é Geração Distribuída**. Disponível em: [http://www.inee.org.br/forum\\_ger\\_distrib.asp](http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp). Acesso em: 21 out. 2022

LOPES, Yona. *et al.* **Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico**. Brasília: 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267626119\\_Smart\\_Grid\\_e\\_IEC\\_61850\\_Novos\\_Desafios\\_em\\_Redess\\_e\\_Telecomunicacoes\\_para\\_o\\_Sistema\\_Eletrico](https://www.researchgate.net/publication/267626119_Smart_Grid_e_IEC_61850_Novos_Desafios_em_Redess_e_Telecomunicacoes_para_o_Sistema_Eletrico). Acesso em: 11 out. 2022

MOHASSEL, Ramyar. *et al.* **A survey on Advanced Metering Infrastructure**. Toronto. Elsevier. 2014. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0142061514003743?token=22AFC7364A83E4987547667EA-7411F64DB21559957D67DDA6A906BB186061BA321D7099F3906DB64181BBA48F253356C&originRegion=us-east-1&originCreation=20221104224159>. Acesso em: 25 out. 2022

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **MAPA DOS QUANTITATIVOS DE MARGENS PARA OS LEILÕES DE ENERGIA**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acesso em: 15 out. 2022

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **O Sistema Interligado Nacional**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acesso em: 15 out. 2022

PIRES, Vitor; COLAK, Ilhami; KUOKAWA, Fujio. **Smart Grid as a Key Tool for the Future of Electrical Distribution Networks**. Energies. 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/360282623\\_Smart\\_Grid\\_as\\_a\\_Key\\_Tool\\_for\\_the\\_Future\\_of\\_Electrical\\_Distribution\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/360282623_Smart_Grid_as_a_Key_Tool_for_the_Future_of_Electrical_Distribution_Networks). Acesso em: 4 out. 2022

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **Advanced Metering Infrastructure and Customer Systems:** results from the Smart Grid investment grant program. 2016. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files>

les/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report\_09-26-16.pdf. Acesso em: 28 out. 2022

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY (DOE). **The Smart Grid**. Disponível em: [https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html). Acesso em: 03 out. 2022

ZAHARAN, Mohamed. **Smart Grid technology, vision, management and control**. 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Zahran-15/publication/292498530\\_Smart\\_grid\\_technology\\_vision\\_management\\_and\\_control/links/56e4065208aedb4cc8ac1d91/Smart-grid-technology-vision-management-and-control.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Mohamed-Zahran-15/publication/292498530_Smart_grid_technology_vision_management_and_control/links/56e4065208aedb4cc8ac1d91/Smart-grid-technology-vision-management-and-control.pdf?origin=publication_detail). Acesso em: 6 out. 2022

ZANETTA, Luiz. **Fundamentos de Sistemas Elétricos de Potência**. São Paulo: Livraria da Física, 2005.





# 12

A IMPORTÂNCIA DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO E  
DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
THE IMPORTANCE OF ELECTRICITY TRANSMISSION AND  
DISTRIBUTION SYSTEMS

Rodrigo Mesquita da Silva  
Anderson Silva

## Resumo

O objetivo deste estudo é averiguar o papel dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Para atingir o objetivo, realizou-se uma revisão de literatura abrangente, analisando estudos, relatórios técnicos e dados relevantes sobre o tema. Como resultado da pesquisa, destaca-se que os sistemas de transmissão e distribuição são essenciais para garantir que a eletricidade chegue de forma confiável aos consumidores finais. Interrupções no fornecimento podem causar sérios impactos econômicos e sociais. Possuem um papel importante na integração de fontes de energia renovável, como solar e eólica, na matriz energética. Assim, a distribuição eficiente de eletricidade ajuda a reduzir perdas de energia, tornando o sistema mais sustentável e econômico. Portanto, esses sistemas desempenham um papel fundamental no fornecimento confiável de eletricidade, na integração de fontes de energia renovável e na promoção da eficiência energética. Investimentos contínuos e inovações são necessários para garantir que esses sistemas atendam às crescentes demandas de energia e contribuam para um futuro mais sustentável e próspero.

**Palavras-Chave:** Energia Elétrica. Sistemas de Transmissão. Distribuição de Energia Elétrica.

## Abstract

The aim of this study is to investigate the role of electricity transmission and distribution systems. To achieve this objective, a comprehensive literature review was carried out, analyzing studies, technical reports and relevant data on the subject. As a result of the research, it is clear that transmission and distribution systems are essential for ensuring that electricity reaches end consumers reliably. Interruptions in supply can cause serious economic and social impacts. They play an important role in integrating renewable energy sources, such as solar and wind power, into the energy matrix. Efficient electricity distribution helps to reduce energy losses, making the system more sustainable and economical. Therefore, these systems play a key role in the reliable supply of electricity, the integration of renewable energy sources and the promotion of energy efficiency. Continued investment and innovation are needed to ensure that these systems meet growing energy demands and contribute to a more sustainable and prosperous future.

**Keywords:** tricity. Transmission Systems. Electricity Distribution.





## 1. INTRODUÇÃO

Durante as primeiras décadas dos sistemas de energia comercial, um gerador ou um pequeno grupo de geradores fornecia energia a um grupo de usuários em uma determinada região. Os sistemas começaram a ser interconectados por motivos econômicos e de confiabilidade. Os sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica são vitais para a sociedade moderna. Eles são responsáveis por transportar a eletricidade gerada nas usinas até os pontos de consumo, permitindo que as empresas, indústrias e residências possam utilizar a energia elétrica em suas atividades diárias.

Além disso, esses sistemas são fundamentais para garantir a estabilidade e a segurança do fornecimento de energia elétrica. Esse tópico é de grande importância, especialmente agora, em meio à transição para fontes de energia renovável e à necessidade de garantir a sustentabilidade do setor elétrico.

Neste contexto, é fundamental compreender a importância dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica e as tecnologias envolvidas para o funcionamento seguro e eficiente desses sistemas. Esses sistemas são vitais para o funcionamento das áreas urbanas, garantindo o fornecimento confiável e contínuo de energia elétrica, a segurança pública, o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade.

Esse estudo tem sua motivação quanto a importância de estudar sobre a disponibilidade de energia elétrica. A eletricidade é essencial para o funcionamento de muitos aspectos da sociedade moderna, desde o fornecimento de luz e calor nas casas até o funcionamento de equipamentos industriais. O estudo dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica é fundamental para garantir que a energia elétrica esteja sempre disponível e que a demanda seja atendida.

Quanto a sua relevância para a sociedade, o estudo busca compreender impulsionar o desenvolvimento tecnológico, nesse contexto, o estudo dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica pode ajudar a identificar oportunidades para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, incluindo sistemas de armazenamento de energia, redes inteligentes e tecnologias de transmissão de alta eficiência.

Diante do exposto, qual a importância dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica?

O objetivo geral do estudo foi averiguar o papel dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Os objetivos específicos são: estudar os principais conceitos sobre energia elétrica; conhecer características dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica; e descrever a importância dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A importância dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica é um pilar fundamental na infraestrutura de qualquer sociedade moderna. Esses sistemas possibilitam o fornecimento confiável de eletricidade para residências, empresas, indústrias e instituições em todo o mundo e através de uma complexa rede de linhas de transmissão, subestações e cabos de distribuição, a energia elétrica é transportada de usinas geradoras para os pontos de consumo, alimentando uma variedade de dispositivos e equipamentos

que são essenciais para a vida cotidiana e o funcionamento da economia (MOURA *et al.*, 2022).

Conforme Silva e Nunes (2021), a confiabilidade e a eficiência desses sistemas são cruciais para a estabilidade e o desenvolvimento de uma nação. A disponibilidade de energia elétrica afeta diretamente a qualidade de vida das pessoas, a produtividade das empresas e o progresso tecnológico.

## 2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada por meio de consulta a livros, artigos científicos e dissertações selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico e Revistas Científicas Online que abordam a temática.

O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 5 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “energia elétrica”, “transmissão e distribuição de energia elétrica” e “sistemas de energia elétrica”.

Após a sistematização dos resultados, organizados em tabela, destaca-se o ano, autor, título, objetivo e conclusões e também os resultados alcançados pelos trabalhos que se enquadraram nos critérios já pré-estabelecidos.

Nessa abordagem, procurou-se, inicialmente, evidenciar o estudo, destacando-se assim alguns autores utilizados na pesquisa: Bianchini (2021); Silva e Nunes (2021); Castro *et al.* (2022); Moura *et al.* (2022). Para iniciar o desenvolvimento de uma revisão bibliográfica de qualidade, é importante fazê-la de fácil compreensão, conhecendo as bases de dados e bibliotecas disponíveis no âmbito da pesquisa.

O desenvolvimento passa pelo planejamento de pesquisa, escolha do assunto e objetivos; levantamento bibliográfico, onde delimita-se as bases que farão parte da revisão; leitura aprofundada; avaliação crítica, incluindo comparação e identificação de concordâncias e discordâncias entre os autores analisados.

## 2.2 Resultados e Discussão

A energia elétrica é a energia derivada da energia potencial elétrica ou da energia cinética das partículas carregadas. Em geral, ela é chamada de energia que foi convertida da energia potencial elétrica. Pode-se definir a energia elétrica como a energia gerada pelo movimento dos elétrons de um ponto a outro. O movimento de partículas carregadas ao longo/através de um meio (por exemplo, um fio) constitui a corrente ou eletricidade (LIMA; CLEMENTE, 2019).

Para Cardoso e Neto (2021), é importante conhecer conceitos sobre energia elétrica que é constantemente armazenada na atmosfera da Terra e é parcialmente liberada durante uma tempestade na forma de raios, também é armazenada nas bobinas de um gerador elétrico em uma usina de energia (que está gerando energia elétrica) e, em seguida, é transmitida por fios para o consumidor; o consumidor paga por cada unidade de uma forma de energia elétrica recebida. As formas de energia que são armazenadas em um capacitor e podem ser liberadas para conduzir uma corrente por um circuito elétrico.

Outro conceito importante é o de carga elétrica. Uma carga elétrica é uma propriedade de certas partículas subatômicas (por exemplo, elétrons e prótons) que interage com



o campo eletromagnético e causa forças de atração e repulsão entre elas (CAMPOS *et al.*, 2022).

As cargas elétricas dão origem a uma das quatro forças fundamentais da natureza e é uma propriedade conservada da matéria que pode ser quantificada. Nesse sentido, a frase “quantidade de eletricidade” é usada de forma intercambiável com as frases “carga de eletricidade” e “quantidade de carga” (DAL MOLIN; DE JESUS, 2021).

Segundo Gouvêa (2019), há dois tipos de carga: chama-se um tipo de carga de positiva e o outro de negativa. Por meio de experimentos, se descobre que objetos com cargas semelhantes se repelem e objetos com cargas opostas se atraem. A magnitude da força de atração ou repulsão é dada pela lei de Coulomb.

Nesse contexto, Farias *et al.* (2023) ensinam que o conceito de campo de energia elétrica foi introduzido por Michael Faraday. A força do campo elétrico atua entre duas cargas, da mesma forma que a força do campo gravitacional atua entre duas massas. Entretanto, o campo elétrico é um pouco diferente.

A força gravitacional depende das massas de dois corpos, enquanto a força elétrica depende das cargas elétricas de dois corpos. Enquanto a gravidade só pode aproximar duas massas, a força elétrica pode ser uma força atrativa ou repulsiva. Se ambas as cargas forem do mesmo sinal (por exemplo, ambas positivas), haverá uma força repulsiva entre os dois (BIANCHINI, 2021).

Se as cargas forem opostas, haverá uma força de atração entre os dois corpos (isso é visto na eletricidade estática e na energia cinética). A magnitude da força varia inversamente com o quadrado da distância entre os dois corpos e também é proporcional ao produto das magnitudes sem sinal das duas cargas (LIMA; CLEMENTE, 2019).

A diferença de potencial elétrico entre dois pontos é definida como o trabalho realizado por unidade de carga (contra forças elétricas) ao mover uma carga pontual positiva lentamente entre dois pontos. Se um dos pontos for considerado um ponto de referência com potencial zero, então o potencial elétrico em qualquer ponto pode ser definido em termos do trabalho realizado por unidade de carga ao mover uma carga pontual positiva desse ponto de referência para o ponto em que o potencial deve ser determinado (SILVA, 2021).

De acordo com Castro *et al.* (2022), para cargas isoladas, o ponto de referência geralmente é considerado o infinito. O potencial é medido em volts. (1 volt = 1 joule/coulomb) o potencial elétrico é análogo à temperatura: há uma temperatura diferente em cada ponto do espaço, e o gradiente de temperatura indica a direção e a magnitude da força motriz por trás da fonte de energia do fluxo de calor. Da mesma forma, há um potencial elétrico em cada ponto do espaço, e seu gradiente indica a direção e a magnitude da força motriz por trás da energia carregada em movimento.

A energia elétrica utilizada em edifícios residenciais, comerciais e industriais é tipicamente gerada por uma empresa pública num ponto central e transmitida e distribuída para onde é necessária através do sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica da empresa pública (MOURA *et al.*, 2022).

Um sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica controla, protege, transforma e regula a energia elétrica para que esta possa ser entregue ao utilizador em segurança. O sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica começa no ponto de produção de energia e termina normalmente num ponto de entrada de serviço medido do edifício, que é onde começa o sistema de distribuição do edifício (SILVA, 2022).

Conforme Gouvêa (2019), um sistema de transmissão e distribuição de energia eléctrica consiste em subestações de transmissão (transformadores escalonados), linhas de transmissão, subestações de distribuição (transformadores escalonados), e linhas de distribuição.

Quanto a sua constituição, é formado por subestações de transmissão. Uma subestação de transmissão é uma instalação ao ar livre localizada juntamente com um sistema utilitário que é utilizado para alterar os níveis de tensão, fornecer um local central para a comutação do sistema, monitorização, protecção e redistribuição de energia (MOURA *et al.*, 2022).

As subestações de transmissão operam normalmente em alta tensão (AT), 69 kV a 345 kV, e extra-alta tensão (MAT), a tensão superior a 345 kV. As subestações de transmissão são também utilizadas para fazer alterações no tamanho e número de linhas enviadas a partir da estação (SILVA; NUNES, 2021).

Destaca-se também os transformadores. O transformador é um dispositivo eléctrico que muda a tensão de um nível para outro utilizando o eletromagnetismo. Nos sistemas de distribuição eléctrica, os transformadores são utilizados para aumentar ou diminuir a tensão de forma segura e eficiente (SILVA, 2021).

Da Silva (2022), embora um transformador possa ser utilizado para aumentar ou diminuir a tensão, os transformadores não podem ser utilizados para aumentar ou diminuir a quantidade de potência disponível. Exceptuando algumas pequenas perdas de energia causadas principalmente por perda de calor, a quantidade de energia que entra num transformador é a mesma quantidade de energia que sai do transformador. Os transformadores permitem aos serviços públicos distribuírem grandes quantidades de energia a um custo razoável.

A principal vantagem de aumentar a tensão e reduzir a corrente é que a energia pode ser transmitida através de condutores de pequena bitola, o que reduz o custo das linhas eléctricas e por esta razão, as tensões geradas são aumentadas para níveis elevados para distribuição através de grandes distâncias e depois descendidas para satisfazer os requisitos do utilizador (CARDOSO; NETO, 2021).

Embora tanto a corrente como a voltagem possam ser descendidas ou subidas, quando se trata de transformadores, os termos “subir” e “descer” referem-se sempre à voltagem (SILVA, 2022). Uma linha de transmissão é um condutor aéreo que transporta grandes quantidades de energia eléctrica em altas tensões ao longo de grandes distâncias. Para serem seguras, as linhas de transmissão devem ser posicionadas a uma distância suficientemente grande (DAL MOLIN; DE JESUS, 2021).

O nível de tensão de transmissão é determinado pela distância de transmissão necessária, bem como pela quantidade de energia transportada. Uma tensão de transmissão maior é escolhida quando se trata de distâncias maiores ou de níveis de potência transmitidos maiores (FARIAS *et al.*, 2023).

Além disso, o aumento da tensão transmitida reduz as perdas de energia entre o gerador de energia eléctrica e o ponto de entrega final. A duplicação da tensão transmitida pode reduzir a perda de potência em até 75%. Uma vez que a potência de transmissão em tensões elevadas reduz o tamanho e peso necessários dos condutores, os postes e torres que suportam os condutores podem ser menores e espaçados mais afastados, portanto, as maiores tensões transmitidas permitem menores tamanhos de condutores, maior transmissão de potência, e menores custos de construção e material (MOURA *et al.*, 2022).

Nesse mesmo sentido, Cantane, Hideo e Junior (2020) relatam que os geradores de

eletricidade que produzem energia trifásica têm linhas de distribuição de alta tensão dispostas em grupos de três. Para além das linhas eléctricas, um condutor neutro/terra é também encaminhado com as linhas eléctricas. O condutor do neutro/terra é encaminhado no topo das linhas eléctricas e utilizado como fio de ligação à terra para ajudar a dissipar descargas atmosféricas.

Em concordância, Castro *et al.* (2022) destacam que o condutor do neutro/terra é ligado à terra em todos os polos de potência e nas subestações de transmissão e distribuição. A tensão nas linhas eléctricas é aumentada e diminuída muitas vezes antes de chegar ao utilizador final.

Já Lima e Clemente (2019) ressaltam a informação de que as linhas de distribuição são utilizadas para transportar energia eléctrica de uma subestação de distribuição até à entrada de serviço do edifício. As linhas de distribuição ligam partes do sistema em conjunto e são frequentemente executadas em várias linhas, de modo a que a energia eléctrica possa ser comutada para satisfazer requisitos de energia em mudança e comutada entre diferentes utilidades. O termo “rede” é utilizado para descrever a rede de linhas de transmissão e distribuição interligadas.

Os sistemas de transmissão e distribuição de energia eléctrica são extremamente importantes para a sociedade moderna e para a economia global. Eles são responsáveis por levar a energia eléctrica gerada nas usinas até os locais onde ela é consumida, permitindo que as indústrias, empresas, residências e outras instituições possam utilizar a eletricidade em suas atividades diárias (CANTANE; HIDEO; JUNIOR, 2020).

Conforme ensina Bianchini (2021), o principal objetivo do sistema é fornecer energia eléctrica de forma mais eficiente e confiável das estações geradoras para os consumidores residenciais, comerciais e industriais. Por meio desses sistemas, a eletricidade produzida nas usinas não poderia ser utilizada pelos consumidores, pois ela não poderia ser transportada até os pontos de consumo.

Para Da Silva (2022) isso significaria uma enorme limitação na capacidade de produzir bens e serviços e de manter o um estilo de vida moderno. Também são fundamentais para a estabilidade do sistema eléctrico como um todo, pois permitem que a eletricidade seja distribuída de forma eficiente e segura, evitando falhas e interrupções no fornecimento de energia eléctrica.

Os sistemas de transmissão e distribuição de energia eléctrica são essenciais nas áreas urbanas por diversas razões, de acordo com Farias *et al.* (2023):

1. Fornecimento de energia eléctrica: Através desses sistemas, a energia eléctrica é gerada e transportada até as áreas urbanas, garantindo que as residências, empresas, hospitais, escolas e outras instalações tenham acesso à energia eléctrica necessária para funcionar.
2. Confiabilidade e continuidade do fornecimento: os sistemas de transmissão e distribuição de energia eléctrica são projetados para fornecer energia eléctrica de forma confiável e contínua, garantindo que as áreas urbanas possam funcionar sem interrupções. Isso é especialmente importante em áreas urbanas onde muitas instalações dependem da energia eléctrica para funcionar, como hospitais e fábricas.
3. Segurança pública: Os sistemas de transmissão e distribuição de energia eléctrica precisam ser mantidos em boas condições para garantir a segurança pública. Danos aos sistemas de energia eléctrica podem causar incêndios, falhas em sistemas de segurança e outros riscos para a segurança pública. Portanto, a manutenção adequada desses sistemas é fundamental para garantir a segurança de todos.



4. Desenvolvimento econômico: O acesso à energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico das áreas urbanas. Empresas, indústrias e outras instituições dependem da energia elétrica para operar, produzir bens e serviços e gerar empregos. Além disso, o fornecimento confiável de energia elétrica pode atrair investimentos para a área urbana, ajudando a impulsionar o desenvolvimento econômico local.
5. Sustentabilidade: O uso de sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica eficientes e sustentáveis é importante para reduzir o impacto ambiental das atividades urbanas. Isso pode incluir o uso de fontes de energia renovável, como a energia eólica e solar, bem como a adoção de tecnologias mais eficientes que reduzem o consumo de energia elétrica.

É importante destacar seu importante papel na transição para fontes de energia renovável, como a energia eólica e solar. Eles permitem que a energia gerada a partir dessas fontes seja transportada até os pontos de consumo, ajudando a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e a contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (CAMPOS *et al.*, 2022).

Assim, em concordância, Cantane, Hideo e Junior (2020) enfatizam que os sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica são essenciais para a economia e para melhor qualidade de vida. Eles permitem que a eletricidade seja transportada de forma eficiente e segura, garantindo o fornecimento de energia elétrica para os consumidores e contribuindo para a transição para fontes de energia renovável.

### 3. CONCLUSÃO

Neste estudo, foi apresentado a importância dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica na sociedade contemporânea. Concluiu-se que tais sistemas atuam para garantir o fornecimento confiável de eletricidade até possibilitar a transição para fontes de energia mais limpas e eficientes.

Para assegurar esse aspecto fundamental, são adotados procedimentos rigorosos que envolve não apenas o uso de equipamentos de proteção individual, mas também a implementação de sinalizações apropriadas e a constante atualização de treinamentos.

A fim de garantir a confiabilidade contínua no fornecimento de energia, é imperativo realizar manutenções regulares nas subestações. Inspeções periódicas, testes e medidas preventivas são adotados para identificar e resolver quaisquer potenciais problemas antes que eles possam impactar o fornecimento de energia., pois essas práticas visam garantir um abastecimento energético estável e minimizar o tempo de interrupções para os consumidores.

Portanto, a confiabilidade dos sistemas de transmissão e distribuição é essencial para a qualidade de vida das pessoas e o funcionamento de inúmeras indústrias. Interrupções no fornecimento de energia podem ter impactos significativos, afetando a produtividade, a segurança pública e a economia como um todo. Portanto, investir na manutenção, modernização e expansão desses sistemas é uma necessidade premente.



## Referências

- BIANCHINI, Ivan Luiz. **Aplicações e Tecnologias de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias na Transmissão e Distribuição**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA). UNISUL, Tubarão, 2021.
- CAMPOS, Felipe Melo, et al. **Tecnologias e aplicações de sistemas de armazenamento de energia para suporte à integração de fontes renováveis no Brasil**. IX Congresso Brasileiro de Energia Solar – Florianópolis, mai. 2022.
- CANTANE, D.A. HIDEO, O. JUNIOR, A. **Tecnologias de Armazenamento de Energia Aplicadas ao Setor Elétrico Brasileiro**. SCIENZA ed. São Carlos/SP. 2020.
- CARDOSO, Isaias Borges. NETO, Rodolpho de Brida. **O Impacto da Micro e Mini Geração Distribuída nas Permissionárias e Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA). UNISUL, Tubarão, 2021.
- CASTRO, Nivalde de, et al. **A crescente importância dos recursos de flexibilidade frente à expansão acelerada das fontes renováveis variáveis: o papel do armazenamento de energia**. Texto de Discussão do Setor Elétrico nº 111 – TDSE. Rio de Janeiro, 2022.
- DAL MOLIN, Jonas Guislon. DE JESUS, Leonardo Helinski. **Qualidade de energia em uma distribuidora: distorções harmônicas**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA). UNISUL, Tubarão, 2021.
- DA SILVA, Raul Pereira. **Avaliação dos indicadores coletivos de continuidade dos conjuntos a cargo da Unidade Tubarão da Rede de Distribuição da CELESC no ano de 2021**. 73p. Universidade do Sul de Santa Catarina. Tubarão, 2022.
- FARIAS Clóvis Borba de, et al. Metodologia para geração e uso de energia elétrica de fontes renováveis com foco nos valores socioculturais locais. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXXIII, N°. 000233, 2023.
- GOUVÊA, Adriana Ribeiro. **Uma visão estratégica do setor de distribuição de energia elétrica frente aos desafios da expansão de recursos energéticos distribuídos no Brasil**. 97 p. Dissertação (Mestrado). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.
- LIMA, Gustavo Henrique Matias de. CLEMENTE, Ericveiber de Lima Dias. **Linhas de transmissão CA x CC**. Anais IV CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora, 2019.
- MOURA, Adriano Aron F. de. et al. Simulação de fluxo de carga para sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica com o ATPDraw. **R4EM**, v. 4, n. 1, p. 45-56, 2022.
- SILVA, Laíssa Regina Bertoldo da. Os desafios e ações na regulação dos limites dos indicadores de continuidade de energia no Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano. 07, ed. 04, vol. 03, pp. 157-175. 2022.
- SILVA, Renato. NUNES, André. **Subestação de energia elétrica: viabilidade e confiabilidade na instalação**. Repositório Universitário da Ânima (RUNA). UNISUL, Tubarão, 2021.
- SILVA, Rogério Diogne de Souza e. **Novas tecnologias e infraestrutura do setor elétrico brasileiro: armazenamento de energia em baterias**. Texto para discussão. Brasília. Editora: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Edição 1. 2021.



# 13

GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA  
ELÉTRICA NO BRASIL

GENERATION, TRANSMISSION AND DISTRIBUTION OF  
ELECTRICITY IN BRAZIL

Anderson Bruno Costa Viana

## Resumo

O presente trabalho é direcionado a explicar o funcionamento da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil, juntamente com uma leve explicação sobre o sistema integrado nacional. Desde seu descobrimento, a energia elétrica sempre se mostrou promissora para o ramo tecnológico e social, levando ao desenvolvimento de cidades e indústrias. Das diferentes formas de geração existentes algumas delas foram exemplificadas nesse artigo; apresentando conceitos básicos adotados sobre todo o sistema, junto a isso, mostrando os desafios encontrados no setor elétrico nacional. Contudo, para que todo esse mecanismo funcione corretamente e eficientemente se faz necessário um grande aparato de equipamentos que realizam leituras e comparações com parâmetros pré-estabelecidos nos programas operacionais e atuam com manobras para evitar sobrecargas, subcargas e curtos-circuitos levando a apagões e que podem ser oriundos de falhas técnicas ou vandalismo na rede de transmissão ou distribuição. Para isso, o sistema elétrico de potência conta com uma grande ferramenta de controle que é referência internacional, o SIN (Sistema Integrado Nacional) é um sistema desenvolvido que interliga todo o conjunto energético em uma só rede, com isso ele consegue efetuar leituras e controlar a demanda de carga de modo eficiente e instantâneo.

**Palavras-chave:** Estudo, Subestação, Sin, Sistema, Eficiência

## Abstract

This paper aims to explain how electricity generation, transmission and distribution work in Brazil, along with a brief explanation of the national integrated system. Since its discovery, electricity has always shown promise for the technological and social spheres, leading to the development of cities and industries. Of the different forms of generation that exist, some have been exemplified in this article; presenting basic concepts adopted throughout the system, along with showing the challenges encountered in the national electricity sector. However, in order for this entire mechanism to work correctly and efficiently, it is necessary to have a large apparatus of equipment that takes readings and compares them with pre-established parameters in the operational programs and acts with maneuvers to avoid overloads, underloads and short circuits leading to blackouts, which can be caused by technical faults or vandalism in the transmission or distribution network. To this end, the electrical power system relies on a major control tool that is an international benchmark. The SIN (Sistema Integrado Nacional) is a system that has been developed to interconnect the entire energy system into a single network, enabling it to take readings and control load demand efficiently and instantaneously.

**Keywords:** Study, Substation, Sin, System, Efficiency

## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica se faz presente em todos os aspectos do cotidiano e é de vital importância para que a vida continue crescendo e se movimentando ao redor do mundo. Para termos uma ideia de sua importância, basta que aconteça uma simples queda repentina em seu fornecimento, que as atividades diárias se tornam limitadas ou até mesmo impossíveis que sejam executadas, causando perdas econômicas no setor industrial, perdas de vidas no setor hospitalar, congestionamentos em grandes cidades, dentre outras.

A população brasileira vem crescendo de forma exponencial a cada ano, segundo os dados fornecidos pelo (IBGE) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; o censo demográfico chegou a 203,1 milhões no ano de 2022, isso mostra um aumento de 6,5% em relação ao ano de 2010. Evidenciando a necessidade por mais energia elétrica se torna uma peça-chave para o desenvolvimento.

No entanto para que essa distribuição de energia ocorra de forma eficiente é necessário um grande aparato de ferramentas e sistemas de leituras para ter o controle dos fluxos de potência. Para isso acontecer, o sistema SIN (Sistema Integrado Brasileiro) fornece ferramentas inteligentes para realizar leituras e coordenar demandas energéticas em todo território nacional.

A presente pesquisa explica de forma detalhada todo o sistema por trás da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no território nacional até chegar no consumidor final, com o propósito de mostrar uma visão esclarecedora sobre o assunto. Diante desse cenário, contesta-se: qual o benefício de informar ao leitor quanto a importância de saber toda a complexibilidade por trás do sistema elétrico de potência?

O objetivo geral desse artigo é caracterizar o sistema elétrico de potência, explicar os desafios encontrados e trazer clareza no funcionamento da distribuição do sistema energético. Enquanto os objetivos específicos é falar sobre geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, explicar e detalhar os principais tipos de geração de energia elétrica e explicar de forma geral o funcionamento do SIN.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O presente trabalho foi construído com o levantamento de fontes com abordagens descritivas, abordadas assuntos que norteiam um embasamento fundamental para o entendimento do tema escolhido, deixando evidenciado a importância do uso racional de energia elétrica e a explicação de todo trajeto da energia até o consumidor final.

O estudo foi baseado nas análises de literaturas publicadas nos últimos 10 anos em formas de livros, sites, artigos, relatórios e Google Acadêmico. Os descritores empregados nesta pesquisa foram: Geração de Energia Elétrica, Sistema elétrico de Potência, Manutenção, Setor Energético Brasileiro.

### 2.2 Resultados e discussão

A eletricidade é presente desde os primórdios, contudo demorou um certo tempo





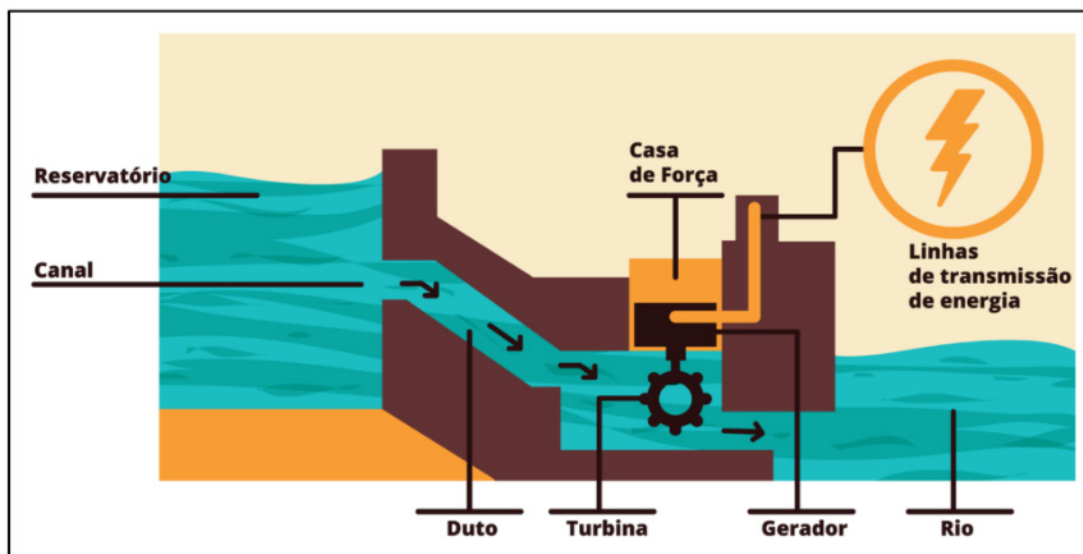
para ser estudada e compreender suas complexibilidade. Segundo Luz e Álvares (2000), os primeiros fenômenos elétricos foram observados pelos gregos na Antiguidade. O matemático e filósofo Thales de Mileto no século VI a. C. foi quem observou que um pedaço de âmbar, uma resina fóssil, após ser atritado com uma pele de animal, passava a adquirir a propriedade de atrair corpos leves

Depois do aprofundamento nos estudos sobre a eletricidade, observou-se sua relevância como uma importante ferramenta para o desenvolvimento tecnológico. Durante essa vanguarda nos estudos, salientou-se nomes de estudiosos importantes tais como William Gilbert, Benjamin Franklin, Alessandro Volta, Michael Faraday, Thomas Edison, Nikola Tesla, dentre outros, que definiram leis ponderais sobre os efeitos e controle dessa ferramenta tão poderosa.

Um dos inventos mais importantes no ramo da eletricidade é o gerador, ele é capaz de gerar eletricidade transformando energia mecânica em elétrica. Esse efeito é devido a construção que é baseada de acordo com critérios definidos por cientistas que por tempos foram se aperfeiçoando no assunto. Devido a predisposição de arranjos nas ligações de bobinas de cobre, nos rotores e estatores; juntamente com os princípios do magnetismo é possível essa geração de eletricidade.

Enquanto a eletricidade era possível apenas nos países de primeiro mundo, era usado óleo de baleia para iluminar as noites nas ruas do Brasil. Em 1872, houve o início da história da eletricidade no país, quando Irineu Evangelista de Souza, o Barão de Mauá, realizou o assentamento do cabo telegráfico submarino entre o Brasil e a Europa, inaugurado pelos cumprimentos entre o imperador Dom Pedro II e o Papa. Logo após, o engenheiro Aarão Reis construiu uma linha telefônica entre o Rio de Janeiro e Juiz de Fora. Apesar desse pioneirismo, a eletricidade demorou a se firmar no Brasil, que na época era predominantemente rural e escravocrata (CROPANI, 1987).

Existem formas diferentes de produzir a energia elétrica, seja ela por meio dos ventos, fontes térmicas, solares, estática, dentre outras. No Brasil, devido sua riqueza hídrica, a forma predominante de produção é a energia hidráulica que é caracterizada por ter um potencial hidráulico de potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, em regime de produção independente ou autoprodução; essa modalidade sendo responsável 67% de toda produção nacional (ANEEL, 2023).



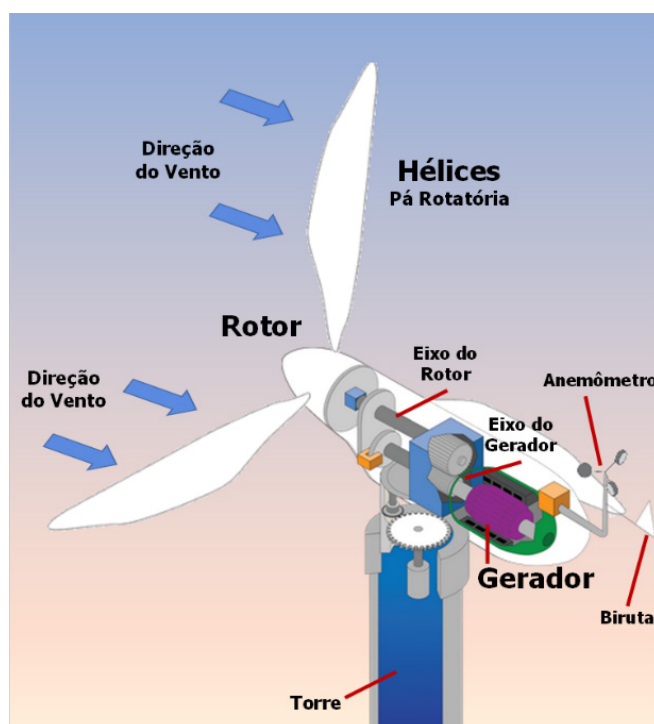
**Figura 1.** Esquema de produção de uma usina hidrelétrica.

**Fonte:** Nova Escola.

Esse sistema de produção de energia funciona da seguinte maneira, uma turbina é conectada a um gerador por meio de um eixo que a prende, esse conjunto é instalado abaixo de uma represa e ligados por meio de um duto, essa diferença de altura é necessária para obter uma pressão de água suficiente para girar a turbina que por sua vez acionar o gerador, gerando energia elétrica.

Essa modalidade de geração é considerada 100% limpa, contudo, para sua instalação é necessária uma grande área destinada para que possa represar a água, ocasionando um grande impacto ambiental e social. Levando a mudanças no relevo, no clima e na sobrevivência de animais silvestres que ali habitavam.

Já a geração eólica, é oriunda por meio das forças dos ventos, que impulsionam pás instaladas de forma estratégicas em um eixo ligado a uma caixa de redução, que por sua vez é conectada no gerador, dessa forma o vento exerce uma força sobre as pás forçando o giro e consequentemente gerando energia elétrica.

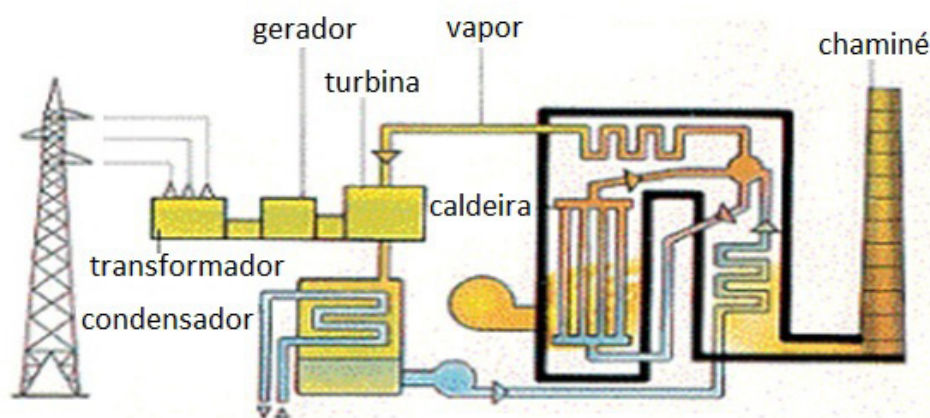


**Figura 2.** Esquema de geração eólica.

**Fonte:** cbie.

Esse método é preferencialmente usado em lugares onde a intensidade dos ventos é predominante ao longo do litoral brasileiro, as hélices são construídas com materiais leves e resistentes a intempéries; geralmente de plástico ou fibra.

Existem diferentes tipos de combustíveis para geração de energia térmica. O gás natural é derivado do petróleo e é encontrado em bolsões de ar no subsolo, é preciso perfurar poços para sua extração e depois tratá-lo retirando todas as impurezas para assim ser usado. O carvão também é utilizado como combustível, ele é extraído diretamente do solo em minas carvão e transportado até as usinas termelétricas.



**Figura 3.** Esquema de funcionamento da usina termelétrica.

**Fonte:** engquimicasantosp

O mesmo princípio serve para as duas ocasiões, o que muda é o elemento combustível queimado, é gerado calor nas caldeiras com a queima do combustível, a água é introduzida no sistema é evaporada instantaneamente com o calor, esse vapor possui força o suficiente para girar um conjunto de turbinas que estão ligadas ao gerador, essa rotação faz com que gere a energia elétrica

Apesar de todas as formas usadas para mitigar as interferências causadas durante todo o processo de geração, seja qual for a modalidade, é impossível não gerar nenhum impacto no meio, segundo (DIAS R, 2017) O impacto ambiental pode ser causado de forma direta e indireta, temporária ou permanente, imediata ou a médio e longo prazo, reversível e irreversível, benéfica ou adversa, e de maneira local, regional ou estratégica.

## 2.3 Transmissão da energia elétrica

Após a sua geração, a energia elétrica passa por uma subestação elevadora que nada mais é do que um local onde são reunidos um conjunto de equipamentos que elevam os níveis tensão para que possa ser transportada. Os transformadores elevadores são os responsáveis por esse feito, através de diferenças nas estruturas das bobinas, conseguem elevar para níveis que podem variar de 230Kva, 345Kva, 440Kva e 500Kva dependendo da extensão da linha de transmissão. De acordo com Leite (2012), na transmissão da energia elétrica opta-se pela escolha da corrente alternada, com tensões de 69 KV a 500 KV. Sendo que a partir de 500 KV é necessário estudar que tipo de corrente empregada será mais economicamente viável para efetuar tal transmissão.

Essa elevação de tensão é necessária porque ao longo do percurso existem perdas técnicas na transmissão devido à resistência interna dos condutores. A segunda lei de ohm diz que a resistência depende da espessura e comprimento do condutor e do material de que ele é constituído, indicando ainda que é diretamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional a sua espessura (EDUCA MAIS BRASIL, 2023).

Ou seja, para manter a mesma tensão entre um ponto A ao ponto B de uma linha de transmissão é necessário construí-la com condutores de seção mais grossos para elevar a corrente ocasionando um custo maior e mais peso nas estruturas, contudo a primeira lei de ohm resolve esse problema. Ela determina a relação de proporcionalidade entre a corrente elétrica que passa por um dispositivo e a diferença de potência a qual o dispositivo está submetido (EDUCA MAIS BRASIL, 2023).

Assim, a corrente é inversamente proporcional ao nível de tensão; quanto maior elevarmos o nível de tensão menor será o valor da corrente, ocasionando uma secção de cabo menor deixando-os mais leves e com o custo mais barato de instalação.

## 2.4 Distribuição da energia elétrica

No fim de cada linha de transmissão existem uma subestação principal que ramifica a energia para outras subestações subsidiárias espalhadas ao longo da cidade que fazem o abaixamento da tensão para níveis aceitáveis de manobras e distribuindo para diversos tipos de consumidores com diferentes valores de demandas que variam de 230kva, 69kva, 35kva, 13.8kva, 380v, 220v e 110v.

A distribuição de energia elétrica é um serviço público de competência da União, prestado por concessionárias e permissionárias, chamadas de distribuidoras. É caracterizada como o segmento do Setor Elétrico dedicado ao fornecimento da energia elétrica ao consumidor final e a outros usuários, por meio do rebaixamento da tensão proveniente do sistema de transmissão. O sistema de distribuição é composto pela rede elétrica e pelo conjunto de instalações e equipamentos elétricos que operam em níveis de alta tensão maior ou igual a 69 kV e menor que 230 kV, média tensão maior ou igual a 2,3 kV e menor que 69 kV e baixa tensão menor que 2,3 kV (ANEEL, 2022).

Essas empresas são credenciadas por meio de licitações que concorrem em fornecer seus serviços em determinadas regiões acordadas em contrato, suas tarifas são cobradas em KWH (Kilo Wats Hora) e esses valores variam de acordo com os impostos cobrados de estado para estado.

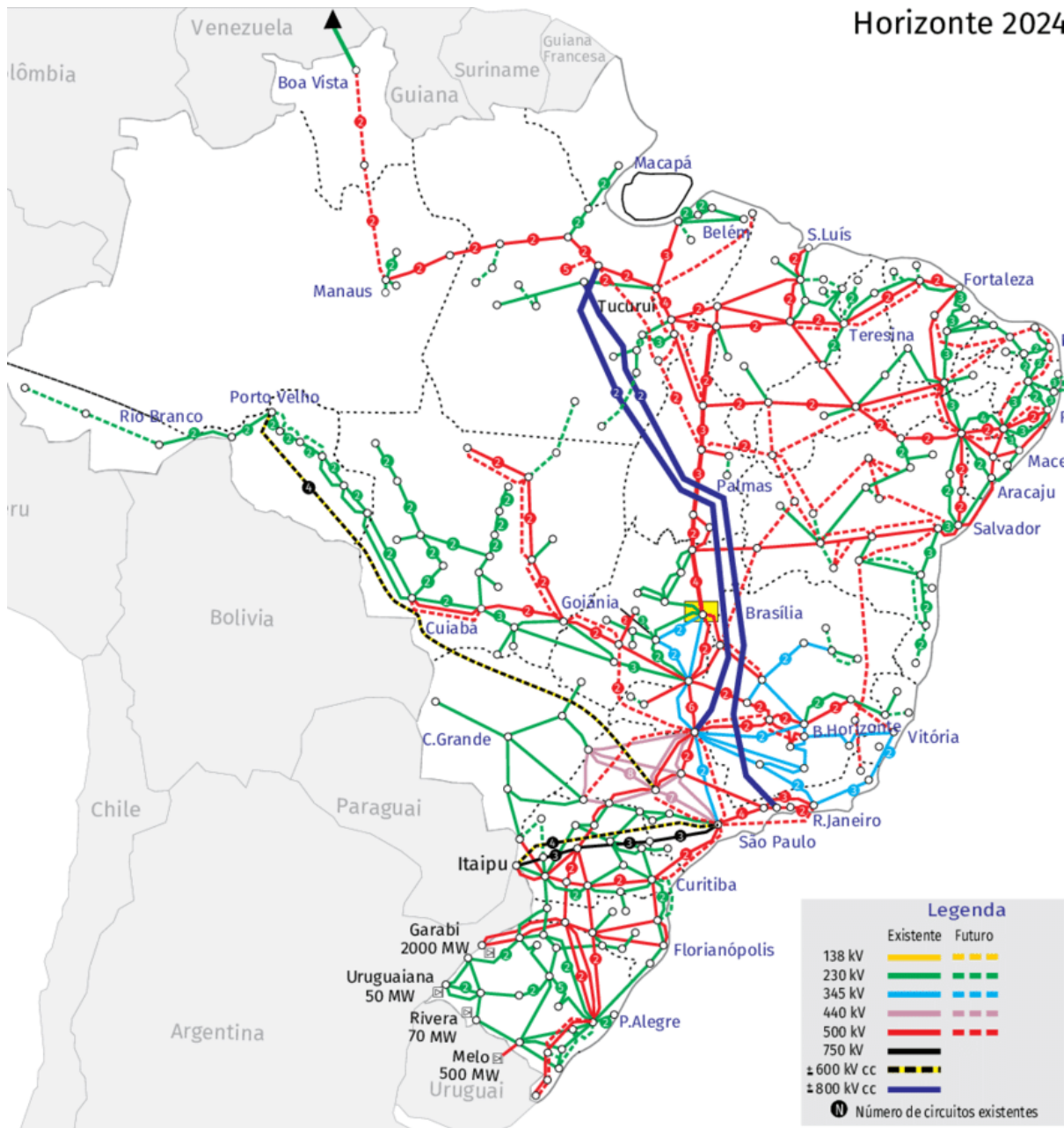
## 2.5 SIN (Sistema Integrado Brasileiro)

Com o aumento da demanda por energia elétrica e o crescente desenvolvimento das tecnologias, foi instalado o SIN (Sistema Integrado Brasileiro) que serve para interligar todas as regiões nacionais para controlar a demanda e fornecer de modo eficiente a energia.

Esses sistemas é o que existe de mais avançado e é referência, foi instalado em 1999 com a proposta de evitar qualquer falha no fornecimento de energia elétrica, interligando todos os sistemas de geração. O SIN abrange quase a totalidade do suprimento de energia aos consumidores (menos de 2% apenas são representados por sistemas isolados), sendo formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte (MONTICELLI, 2011 e ONS, 2018).

Para um melhor entendimento, observe um exemplo prático: no tempo da estiagem, as regiões norte e nordeste do país ficam com baixos volumes de chuvas ocasionando uma perda significativa nos níveis dos rios obrigando as usinas hidrelétricas reduzirem ou até mesmo parar a produção de energia elétrica. Para sanar esse déficit o SIN entra em ação desviando parte da energia que estava sendo entregue na região sul do país direcionando-o para as regiões norte e nordeste.



**Figura 4.** Sistema Integrado Nacional.**Fonte:** NOS.

Contudo existe outro perigo, imagine agora o mesmo exemplo dado anteriormente, mas em vez das regiões norte e nordeste precisarem de energia a região centro-oeste também precisar por uma eventual falha na transmissão de uma de suas linhas. Mesmo que o SIN entre em ação, ele não irá suportar toda essa carga e cortaria o fornecimento isolando essas áreas do resto do país, tudo isso para evitar mais prejuízo ao país.

Esse sistema está sempre em crescimento e se atualizando realizando análises para o melhor fornecimento abrangendo uma série de aspectos e se adaptando para novas fontes de energias renováveis que se tornar comum e com grande perspectiva de crescimento, no entanto, os apagões são sempre um terror que assola grandes nações, pois além de prejudicar a vida dos consumidores em geral causam prejuízos financeiros em todos os setores econômicos.



### 3. CONCLUSÃO

Este artigo apontou a importância de levar a informação de forma clara e explicativa ao leitor no que se refere aos conhecimentos básicos dos setores energético brasileiro. O estudo realizado e mostrado nesse trabalho mostra que todos esses processos são de suma importância para que tenha um serviço de excelência, prestado aos consumidores brasileiros.

Foi citado as diferentes formas de geração de energia elétrica, abordado as principais formas de geração de energia elétrica, a hidráulica, eólica, solar, térmica e nuclear respectivamente. Mostrando suas principais características de funcionamento, vantagens e desvantagens de sua instalação. Posteriormente falando sobre a transmissão, caracterizando os tipos de tensões usadas para o transporte e usando exemplos práticos para um bom entendimento.

Para distribuição e elétrica foi abordado conceitos básicos usados nos grandes e pequenos centros residenciais, contando desde a chegada nas grandes subestações até os pequenos centros de distribuição dentro das cidades, partindo para os consumidores de grandes e pequenos porte e levando ao leitor um entendimento mais claro nesse setor.

Por fim foi se fez uma breve abordagem no sistema SIN (Sistema Integrado Nacional levando informação a sua forma de funcionamento e como trabalha na análise de dados no setor de potência elétrica. Com o foco em gerenciar as demandas de carga e manter estável o fornecimento de energia elétrica em todo território nacional e agindo isolando regiões em caso de falhas técnicas e assim evitando falta de fornecimento.

### Referências

- CROPANI, O. F. **O mundo da eletricidade**. São Paulo: Editora Pau-Brasil, 1987.
- LEITE, Carlos A. F. **Instalações Elétricas**. Caderno Didático da UNESP. Acesso em 21 de set. 2023, 08:03:55.
- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. V. 3, São Paulo, S.P. Spicione, 2011.
- MOHAN, N. **Sistemas elétricos de Potência** – um curso introdutório. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- MONTICELLI, A. GARCIA, A. **Introdução a sistemas de energia elétrica**, Campinas, SP: Editora Unicamp, 2011.
- PINTO, M. O. **Energia Elétrica** – Geração, transmissão e sistemas, 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- <https://cbie.com.br/como-funciona-a-geracao-eolica/>>. Acesso em 17 de out. 2023.
- <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/empreendimentos-em-operacao>>. Acesso em 21 de out. 2023.
- <https://www.aneel.gov.br/empreendimentos-em-operacao>>. Acesso em 08 de out. 2023.
- <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/distribuicao/regulacao>>. Acesso em 01 de out. 2023.





# 14

INTERNET BANDA LARGA: ACESSO À INTERNET BANDA  
LARGA EM ÁREA REMOTA VIA SATÉLITE, OPERANDO EM  
BANDA KA

BROADBAND INTERNET: BROADBAND INTERNET ACCESS IN  
REMOTE AREAS VIA SATELLITE, OPERATING IN KA-BAND

Jucenildo Cruz Aguiar  
Bruno Souza

## Resumo

A Banda Ka, situada na faixa de micro-ondas com frequências entre 26,5 GHz e 40 GHz, desempenha um papel crucial nas comunicações via satélite, oferecendo um amplo espectro de banda para operações. Suas vantagens incluem a estabilidade de sinal mesmo em condições climáticas adversas. No entanto, existem desafios a serem considerados; como o desvanecimento do sinal, que pode afetar a transmissão de dados; a sua implementação que pode ser onerosa devido aos custos dos equipamentos entre outros; porém é possível explorar todo o potencial da Banda Ka como uma solução viável para a conectividade em locais de difícil acesso. Sendo este o foco desta pesquisa tendo em vista atender à crescente demanda por conectividade nessas regiões. Utilizando-se de revisão bibliográfica como metodologia. Por fim, consideramos a conectividade via banda Ka em regiões longínquas como uma solução, do acesso à Internet de banda larga para o desenvolvimento econômico e social nestas áreas.

**Palavras-chave:** Solução. Comunicação. Micro-ondas.

## Abstract

The Ka-band, located in the microwave range with frequencies between 26.5 GHz and 40 GHz, plays a crucial role in satellite communications, offering a wide band spectrum for operations. Its advantages include signal stability even in adverse weather conditions. However, there are challenges to be considered; such as signal fading, which can affect data transmission; its implementation, which can be expensive due to equipment costs, among others; however, it is possible to explore the full potential of the Ka-band as a viable solution for connectivity in hard-to-reach locations. This is the focus of this research, with a view to meeting the growing demand for connectivity in these regions. Using a literature review as a methodology. Finally, we consider Ka-band connectivity in remote regions as a solution, from broadband Internet access to economic and social development in these areas.

**Keywords:** Solution. Communication. Microwave.



## 1. INTRODUÇÃO

No mundo atual, o acesso à Internet tornou-se uma necessidade fundamental para a maioria das pessoas e organizações, independentemente de sua localização geográfica. No entanto, em áreas remotas e rurais, onde a infraestrutura de telecomunicações terrestres muitas vezes é limitada ou inexistente, a conectividade à Internet é frequentemente um desafio. Este trabalho de pesquisa aborda a relevância de utilizar a internet via satélite, especificamente na banda Ka, como uma solução viável para atender às necessidades de conectividade em áreas remotas.

Hoje, a Internet desempenha um papel vital no desenvolvimento econômico e social, proporcionando acesso a informações, recursos e oportunidades que, de outra forma, estariam inacessíveis para aqueles que vivem em áreas distantes. Seja para indivíduos que desejam acessar informações globais ou para empresas que buscam manter sua competitividade, a Internet se tornou uma ferramenta essencial para conexão com o mundo.

A importância da Internet em áreas remotas não pode ser subestimada. Para muitos, a conectividade à Internet é uma ponte para o desenvolvimento, educação, saúde e comunicação. Além disso, a utilização de satélites para fornecer internet via banda Ka é uma opção viável em locais onde a infraestrutura de telecomunicações terrestres é limitada. Esta tecnologia tem uma ampla gama de aplicações em setores como telecomunicações, defesa, monitoramento ambiental e pesquisa científica. Portanto, é crucial explorar as vantagens e desvantagens dessa abordagem.

O desafio central abordado neste estudo é como levar a internet banda larga via satélite, operando em banda Ka, para atender áreas remotas. Especificamente, buscamos compreender as vantagens e desvantagens de utilizar o acesso via satélite para atender à demanda de conexão à Internet em regiões afastadas. Este problema é relevante, uma vez que pode abrir novas perspectivas para a conectividade em áreas onde as opções tradicionais são limitadas.

Este trabalho tem como objetivo principal avaliar a eficácia do acesso à Internet via satélite na banda Ka para atender à demanda de conexão em áreas remotas. Os objetivos específicos incluem:

- Analisar as vantagens associadas ao uso da internet via satélite em áreas remotas. Investigar as desvantagens e desafios relacionados à utilização desta tecnologia.
- Compreender como a conectividade via satélite pode beneficiar tanto indivíduos quanto organizações em áreas distantes

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Atenuação de sinal de internet em monitoramento de máquinas remotas

Hoje em dia, os avançados meios de comunicação de sinais possibilitam o monitoramento e controle em tempo real de máquinas e equipamentos, mesmo em locais remotos. A busca por meios eficazes de transmitir sinais e dados a distâncias consideráveis, sem perda de sinal, representa um novo desafio na pesquisa de engenharia elétrica e de telecomunicações. Neste estudo, exploramos a opção de comunicação via satélite, que está passando por uma revolução com a utilização da banda Ka, sobretudo para transmis-

são de dados e acesso à Internet. Essa tecnologia inovadora está tornando a banda larga acessível em regiões anteriormente desatendidas. No entanto, um obstáculo significativo é a atenuação do sinal devido à chuva. Neste trabalho, examinamos estudos e discutimos soluções que destacam as abordagens para superar esse desafio de atenuação de sinal, como técnicas de Modulação e Codificação Adaptativas, Controle de Potência no Up-link e a distribuição estratégica de gateways.

Os satélites geoestacionários desempenham um papel crucial em várias faixas de frequência, incluindo as bandas C, X, Ku, K e, mais recentemente, a banda Ka (K superior). Nas bandas Ku e Ka, as antenas receptoras são notavelmente mais compactas, com diâmetros que variam de 0,2 a 0,9 metros, sendo principalmente utilizadas em serviços como Televisão DTH (Direct to Home) e transmissão de dados, englobando igualmente estações VSAT em aplicações empresariais.

A revolução da Banda Larga Ka na transmissão de dados via Internet tem sido observada no mundo todo. Esta ênfase na utilização da Banda Ka tem contribuído para um notável aumento de desempenho, do acesso via satélite nessa frequência. Profissionais especializados em redes via satélite estão cada vez mais interessados em adotar tecnologias avançadas para ampliar a capacidade de transmissão de dados. Contudo, existem desafios a serem superados, sendo um deles o fenômeno conhecido como desvanecimento de sinal.

O desvanecimento de sinal ocorre quando o feixe de ondas atravessa o meio de transmissão, sofrendo alterações em sua amplitude e percurso, o que resulta em atenuações e distorções nos dados transmitidos. Esse efeito, frequentemente desencadeado por condições climáticas, pode se tornar uma considerável limitação na transmissão de dados utilizada para o controle remoto de máquinas industriais em longas distâncias através da banda Ka e da Internet.

Estudos evidenciam que diversos fatores impactam a propagação de sinais em todas as faixas de frequência via satélite, incluindo a atenuação causada pela chuva, a presença de antenas molhadas, a despolarização resultante de precipitação e gelo, a absorção de gases, a atenuação em nuvens, a atenuação na camada de fusão e a cintilação ionosférica (MARINS, 2004). No entanto, conforme indicado por KOTA, SASTRI L. (2002, p. 60), entre todos esses fatores, a atenuação causada pela chuva é a mais proeminente, especialmente em regiões de clima tropical e equatorial.

Neste estudo, utilizamos equações encontradas na literatura para realizar cálculos relativos ao fator de atenuação dos sinais na transmissão de banda larga Ka pela Internet. Como descrito por Marins, C.N.M. (2004, pp. 110-117), ao avaliar a atenuação provocada pela chuva, podemos realizar uma comparação entre as diferentes faixas de frequência (C, Ku, K e Ka) com base no fator de atenuação por chuva ( $Y_R$ ) por enlace. Esse fator é calculado levando em consideração os coeficientes numéricos  $K$ ,  $\alpha$  e a taxa pluviométrica, conforme apresentado na equação [KOTA, SASTRI L., 2002].

$$Y = K.(R_0)^{\alpha}$$

Onde  $R_{0,01}$  representa a taxa pluviométrica correspondente a 0,01% da média anual, e, neste contexto de comparação concisa, usamos o valor de 95mm/h.

Com base nos cálculos da equação (1), realizamos a comparação dos coeficientes numéricos  $K$  e  $\alpha$  em relação às frequências mencionadas, o que nos permite obter os valores dos coeficientes específicos para cada banda (conforme ilustrado nas Figuras 1 e 2). Essa análise nos permite chegar a valores típicos para o fator de atenuação ( $Y_R$ ), como detalhado na Tabela I, para cada banda.



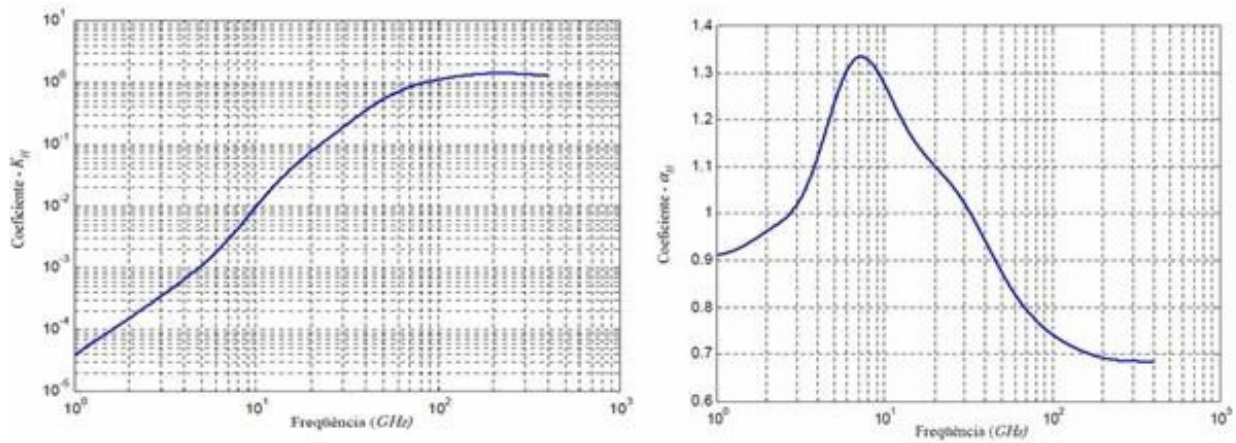


Figura 1. Gráfico coeficiente  $K_H$  pela frequência. Gráfico coeficiente  $\alpha_H$  pela frequência.

Fonte: (Marins, C.N.M, 2004, pp. 112-133)

**Tabela 1.** Comparativo do fator de atenuação por chuva para cada banda

| Banda | Frequência (GHz) | $K_H$  | $\alpha_H$ | $\gamma_R$ (dB/km)(*) |
|-------|------------------|--------|------------|-----------------------|
| C     | 4                | 0,0006 | 1,12       | 0,098446819           |
|       | 8                | 0,004  | 1,32       | 1,631755745           |
| Ku    | 12               | 0,001  | 1,25       | 0,296588636           |
|       | 18               | 0,06   | 1,12       | 9,844681911           |
| K     | 18               | 0,06   | 1,12       | 9,844681911           |
|       | 26,5             | 0,15   | 1,06       | 18,72743424           |
| Ka    | 26,5             | 0,15   | 1,06       | 18,72743424           |
|       | 40               | 0,35   | 0,94       | 25,30044928           |

(\*)Para 95mm/h

Fonte: Rolden Baptista (2012)

A análise comparativa apresentada na Tabela I revela que o fator de atenuação aumenta consideravelmente em frequências mais elevadas. Tipicamente, esses valores são aplicáveis às frequências dos satélites geoestacionários, considerando uma taxa pluviométrica de 0,01% da média anual de 95mm/h. É evidente que nas bandas Ku, K e Ka, o fator de atenuação devido à chuva é substancialmente superior em comparação com a banda C. Isso indica uma desvantagem dessas frequências em regiões com alta precipitação. É notável que a transmissão na banda Ka é extremamente afetada por condições meteorológicas de chuvas intensas em regiões de clima tropical e equatorial, ao contrário da banda C, onde esse efeito é muito menos pronunciado. Os cenários de desvanecimento de sinal durante a transmissão via satélite devido à chuva podem resultar em diversas taxas de transmissão e recepção de dados, variando conforme as tecnologias empregadas para compensação, como modulação e codificação adaptativas e controle de potência no uplink (L. MORGAN *et al*, 1993).

De acordo com IANNELLI (2010, pp. 2-5), em regiões com alta propensão ao desvanecimento causado pela chuva, é possível melhorar a disponibilidade utilizando antenas de maior porte. Projetos estão explorando modulações de ordem superior para aumentar a quantidade de bits transmitidos por segundo por hertz (bps/Hz), em comparação com o QPSK (Quadrature Phase Shift Keying). As modulações de ordem superior comuns para comunicação via satélite incluem 16-APSK, 32-APSK (Amplitude and Phase-Shift Keying),

8-PSK (Phase Shift Keying) e 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation).

Conforme apontado por Amir Yafe (2011), o DVB-S2 (Digital Video Broadcasting-Satellite) pode ser uma alternativa viável para operações na banda Ka. Isso se deve a um robusto esquema de codificação baseado em VCM (Variable Coding and Modulation) e ACM (Adaptive Coding and Modulation) que otimiza o uso da largura de banda de transmissão. Além disso, um sistema de controle de potência no uplink pode fornecer uma compensação automática da EIRP (Equivalent Isotropic Radiated Power) nas portadoras transmitidas de uma estação terrena. A EIRP da antena receptora do satélite é ajustada pelo controle de potência no uplink com as devidas compensações. Esse dispositivo opera com base no conhecimento do nível de potência utilizado no uplink em condições sem desvanecimento, ou seja, com céu totalmente limpo de nuvens. Assim, o sistema ajusta a EIRP de acordo com as mudanças nas condições climáticas. Essa adaptação é realizada monitorando a variação das condições climáticas por meio de uma tensão contínua (CC) percebida no receptor e, em seguida, aplicando as compensações necessárias com base em um algoritmo de controle da EIRP para restaurar as condições de EIRP sem desvanecimento (EUTELSAT, 2008).

## **2.2 Sistema de satélite de banda Ka para operações de proteção pública e socorro em desastres**

As comunicações desempenham um papel crucial durante e após a ocorrência de desastres naturais ou emergências, desempenhando um papel vital na mitigação dos danos e na coordenação dos esforços de socorro. No entanto, é importante reconhecer que os recursos de comunicação terrestre muitas vezes enfrentam sérias limitações devido à infraestrutura danificada ou à sobrecarga de tráfego decorrente desses eventos catastróficos.

Além disso, os serviços de comunicação pública, embora essenciais para a resposta imediata, representam apenas a primeira camada de suporte em situações de crise. Para garantir a eficácia contínua e o reforço das operações de ajuda, muitas vezes é imperativo estabelecer uma rede de comunicação regional, nacional e, em alguns casos, internacional. Qual é a importância do uso de satélites geoestacionários para suporte de telecomunicações em redes de gestão e redução de riscos de desastres? Segundo Borgo, Ronaldo (2013), as constelações de satélites têm sido empregadas desde o século XX como uma infraestrutura fundamental para as tecnologias de informação e comunicação espacial, especialmente no contexto das redes de gestão de desastres em níveis nacionais, regionais e globais. As tecnologias de informação e comunicação espaciais assumem um papel central nesse domínio, graças à sua eficiência comprovada na facilitação de comunicações de emergência durante situações de desastre. Isso é respaldado pela experiência internacional documentada por órgãos como a ITU-D e a ITU-R, bem como por agências espaciais e centros de transferência de tecnologia, como o Asia and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT).



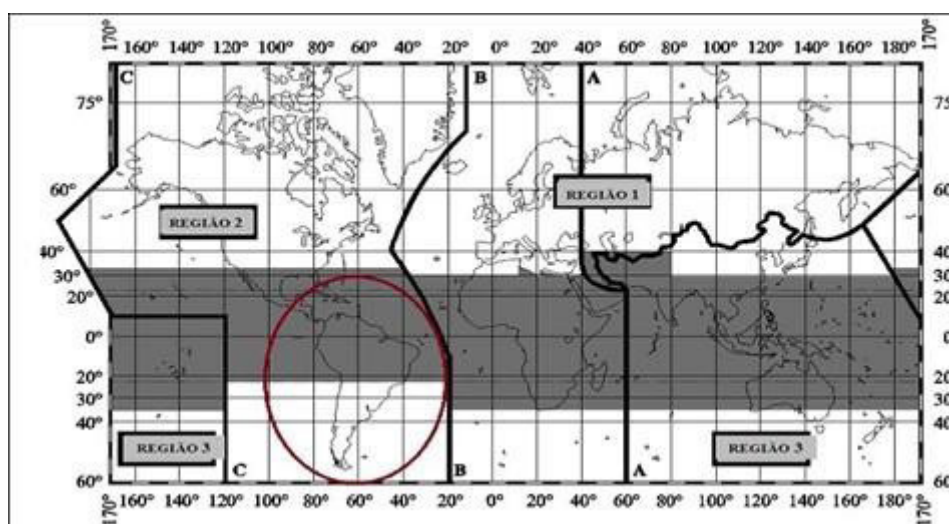


Figura 3. Ilustração da Sub-região 02 da ITU-R – ALC

Mapa *mundi* planisférico da divisão regional das radiofrequências da ITU-R

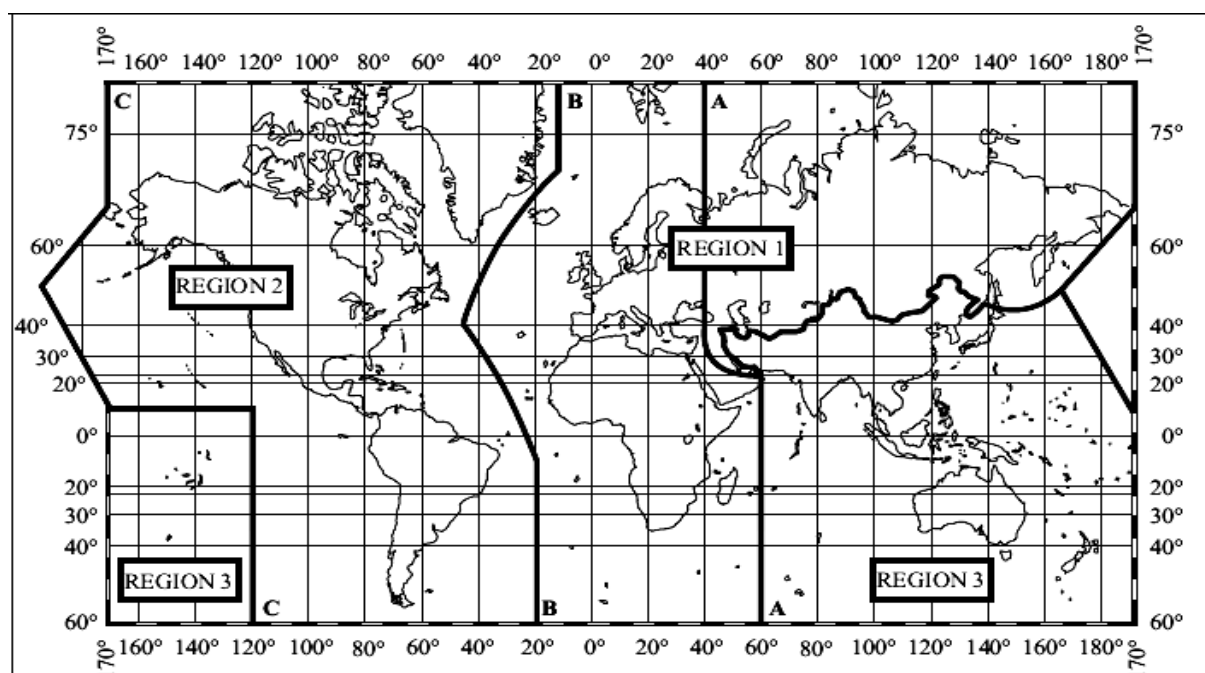


Figura 4. Ciclo Estratégico de Gestão de Desastres.

Fonte: Borgo, Ronaldo Lyrio (2013, pp.08 – 13)

Este estudo concentra-se na exploração de um sistema de telecomunicações via satélite geoestacionário de banda larga, que utiliza a arquitetura e interface de padrão ETSI Satellite Digital Video Broadcast with Return Channel second generation (DVB-RCS2). Esse sistema é destinado a oferecer serviços de comunicação tanto fixos (VSAT) quanto móveis transportáveis (USAT) para a gestão de desastres. Portanto, a utilização de satélites geoestacionários é de suma importância para assegurar a eficácia das comunicações durante situações de desastre e para dar suporte às redes de gestão e mitigação de riscos relacionados a desastres.



Figura 5. Ciclo Estratégico de Gestão de Desgaste Borgo, Ronaldo Lyrio (2013)

Foram elaboradas tabelas com o intuito de ilustrar o desempenho do sistema nas faixas de frequência Ka e Ku, comparando-o com o sistema sugerido para operação na cobertura sobre o território brasileiro. Fora adotado algumas suposições durante as simulações, incluindo a incorporação automática do modelo de propagação do ITU-R nos cálculos de equilíbrio de potência dos links do satélite proposto para as localidades especificadas na análise de resultados. Além disso, foram utilizados valores compreendidos entre 95 dB. Hz e 105 dB. Hz para os parâmetros de interferência causada por satélites vizinhos posicionados na órbita geoestacionária brasileira, valores esses que são considerados medianos pela indústria de satélites. Com base nessas premissas, o autor chegou à conclusão de que o sistema proposto demonstrou um desempenho satisfatório nas faixas de frequência Ka e Ku, fornecendo suporte para as telecomunicações de uma rede dedicada à gestão e mitigação de riscos associados a desastres. Contudo, é crucial ressaltar que o estudo foi realizado em um ambiente simulado, e os resultados podem variar em um ambiente real.

O estudo intitulado “Avaliação de Desempenho de um Sistema de Satélite Geoestacionário nas Faixas de Frequência Ka para Apoio às Comunicações em Redes de Gestão e Mitigação de Desastres” representa uma valiosa contribuição para o campo da Engenharia Elétrica no âmbito das telecomunicações. Este trabalho aborda a investigação minuciosa de um sistema de satélite geoestacionário de banda larga, o qual incorpora a arquitetura e a interface aérea do padrão ETSI Satellite Digital Video Broadcast with Return Channel second generation (DVB-RCS2). O sistema em questão foi projetado para disponibilizar serviços tanto de caráter fixo (VSAT) quanto móvel transportável (USAT), com o propósito de respaldar as atividades de gestão e mitigação de desastres.

O âmbito deste estudo se estende à apresentação de resultados detalhados referentes ao desempenho do sistema nas bandas de frequência Ka e Ku, e procede com uma comparação minuciosa destes resultados com o desempenho do sistema operando em território brasileiro. Não obstante, é importante observar que o autor embasou suas simulações em premissas específicas, notadamente a inclusão automática do modelo de propagação do ITU-R nos cálculos de balanço de potência dos elos do satélite proposto, para as localidades previamente indicadas na amostragem dos resultados.

Desta maneira, este estudo se destaca como um recurso fundamental para a expan-



são dos conhecimentos em Engenharia Elétrica, particularmente no domínio das telecomunicações. Através de uma análise abrangente do desempenho de um sistema de satélite geoestacionário de banda larga, o estudo não apenas oferece discernimentos valiosos, mas também fomenta discussões críticas sobre a eficácia deste sistema no contexto das operações de comunicação em redes dedicadas à gestão e à minimização de riscos associados a desastres.

2.3 Antena para aplicação em bandas K e Ka

Uma antena configurável projetada especificamente para comunicações via satélite nas bandas K e Ka, que são amplamente utilizadas em uma variedade de aplicações, como exploração da Terra, radionavegação, comunicações móveis via satélite e muito mais.

A antena em questão utiliza um design inovador, consistindo em um patch circular com um raio de 2,5 mm, que é alimentado por quatro portas independentes. O aspecto mais notável dessa antena é a sua capacidade de reconfiguração, que permite a alteração da direção do padrão de radiação em 90 graus sempre que uma das portas é utilizada. Isso proporciona uma flexibilidade significativa em relação à orientação da antena, adaptando-se às necessidades específicas de comunicação.

Além disso, a técnica de alimentação CPW (coplanar compacto) empregada nesta antena oferece uma largura de banda de impedância excepcionalmente ampla, abrangendo cerca de 12 GHz (21,65 – 33,87 GHz). Isso é particularmente importante, pois cobre tanto a banda K quanto a banda Ka, essenciais para as comunicações via satélite (K TOC-COLIN, 2019).

Quadro 1. Função dos componentes do transceptor.

| COMPONENTE                              | FUNÇÃO                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LNB<br>(Low Noise Block-Down Converter) | Recebe o sinal do cabo coaxial, converte a frequência da bandaKa na frequência intermediária (FI), e então amplifica o sinal antes de mandar para a demodulação.                                          |
| BUC<br>(Block Up Converter)             | Recebe o sinal do cabo coaxial, converte o sinal da frequência intermediária para a banda Ka, e então amplifica antes de mandar para a corneta.                                                           |
| OMT<br>(Orthogonal Mode Transducer)     | Combinador que conecta o sinal de transmissão do BUC para a corneta e recebe o sinal do LNB para a corneta. Ele é capaz de direcionar as ondas de transmissão e recepção de acordo com suas polarizações. |
| TRF<br>(Transmit Reject Filter)         | Ajuda a bloquear qualquer sinal de transmissão do OMT que sobrecarregue o LNB. Usualmente é um guia de onda comelementos ressonantes internos.                                                            |
| Corneta                                 | Lança ondas em direção ao refletor da antena, que então os concentra e envia para o satélite em feixes e vice-versa.                                                                                      |
| Antena Refletora                        | Recebe e transmite os sinais em direção ao satélite.                                                                                                                                                      |

Os benefícios dessa antena configurável são diversos. Ela é altamente versátil e pode ser aplicada em uma ampla gama de cenários de comunicação por satélite, tornando-se uma escolha atraente para diversas aplicações, desde rastreamento de satélites e explora-



ção da Terra até comunicações móveis via satélite.

Os resultados das medições realizadas na antena e as características de padrão observadas estão em excelente concordância com as simulações realizadas, o que demonstra a eficácia e o desempenho consistente deste projeto. Em resumo, essa antena configurável representa uma contribuição valiosa para o campo das comunicações por satélite, oferecendo uma solução flexível e eficiente para atender às demandas das bandas K e Ka (K TOCCOLIN, 2019).

## 2.4 Banda Ka em escolas rurais ou áreas remotas

A incorporação da tecnologia de Banda Ka nas escolas situadas em regiões remotas representa um marco significativo no que tange ao acesso à educação e ao conhecimento em áreas afastadas e, muitas vezes, desprovidas de infraestrutura de telecomunicações. A Banda Ka, uma faixa de frequência de micro-ondas, oferece características ideais para a entrega de serviços de internet de alta velocidade via satélite, consolidando-se como uma alternativa viável para conectar estabelecimentos de ensino localizados em áreas remotas, onde a conectividade tradicional é escassa. Aqui, abordaremos em detalhes as maneiras pelas quais a implantação da Banda Ka pode gerar benefícios substanciais para as escolas em localidades remotas: Acesso à Internet de Alta Velocidade: A Banda Ka proporciona às instituições educacionais a capacidade de desfrutar de uma conexão à internet de alta velocidade, um elemento essencial para atividades como aprendizado online, pesquisa acadêmica avançada, colaboração entre alunos e professores, bem como comunicação eficaz.

- Educação a Distância: A presença de uma conexão de alta velocidade abre portas para a adoção de programas de ensino a distância, permitindo que escolas remotas ofereçam cursos e recursos educacionais que, de outra forma, estariam além de seu alcance geográfico.

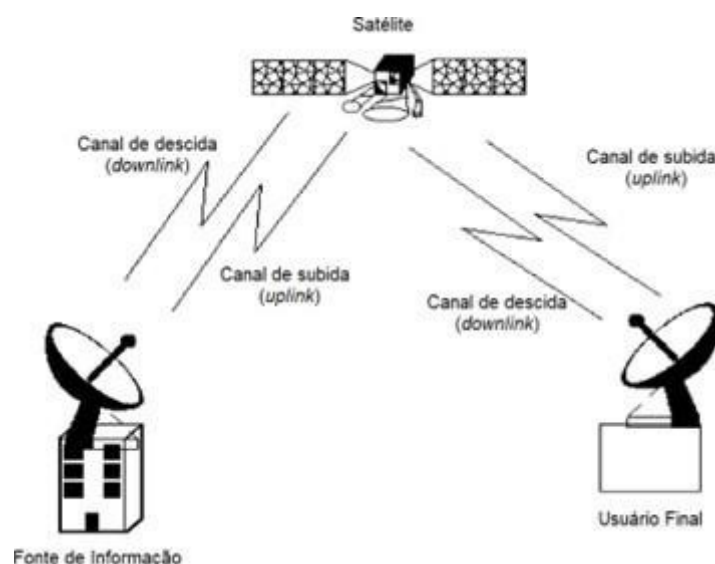


Figura 6. Esquema Banda-Ka

- Recursos Digitais Avançados: A Banda Ka viabiliza a utilização de recursos digitais avançados, incluindo vídeo aulas interativas, aplicativos educacionais inovadores e videoconferências, enriquecendo substancialmente a experiência de aprendizado dos estudantes.
- Aprimoramento da Qualidade Educacional: A disponibilidade de recursos edu-

cacionais online e ferramentas interativas pode aprimorar a qualidade do ensino oferecido nas escolas remotas, proporcionando uma educação mais atualizada e adaptada às necessidades dos alunos.

- **Capacitação de Professores:** A Banda Ka pode ser empregada para disponibilizar treinamento contínuo aos professores em áreas remotas, permitindo que eles atualizem suas habilidades e conhecimentos de acordo com as últimas tendências educacionais.
- **Conexão com o Mundo Exterior:** Além de beneficiar a educação, a Banda Ka possibilita que as comunidades remotas se conectem com o mundo exterior, acessando informações diversas, serviços de saúde remotos e oportunidades econômicas, promovendo assim um desenvolvimento mais amplo.
- **Monitoramento e Avaliação:** A tecnologia Banda Ka também se revela valiosa para monitorar o progresso dos alunos e avaliar a eficácia dos programas educacionais, permitindo ajustes precisos sempre que necessário.
- **Resiliência em Caso de Desastres:** Em situações de desastres naturais ou emergências, a Banda Ka pode desempenhar um papel crucial ao oferecer uma comunicação de emergência eficaz, permitindo que as escolas coordenem respostas e forneçam informações críticas às comunidades afetadas.

Resumidamente, a adoção da Banda Ka para fornecer conectividade de alta velocidade nas escolas localizadas em áreas remotas representa um passo significativo na superação das barreiras geográficas e socioeconômicas que historicamente limitaram o acesso a uma educação de qualidade. Essa tecnologia emerge como uma ferramenta poderosa para mitigar a disparidade educacional entre regiões urbanas e rurais, e promover oportunidades educacionais equitativas para os alunos que residem em comunidades remotas e isoladas.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia empregada para a condução deste trabalho, consiste em revisão bibliográfica, fundamental para entender as informações que foram coletadas e analisadas. Neste estudo, a pesquisa foi realizada com o objetivo de investigar o uso da internet via satélite, especificamente operando em banda Ka, como uma solução para as necessidades de conectividade em banda larga em áreas remotas. O presente trabalho adotou uma abordagem de pesquisa qualitativa, mais especificamente uma Revisão de Literatura. Essa abordagem permite a análise crítica e sistemática de fontes de informação relevantes, como livros, dissertações e artigos científicos, a fim de compreender o estado atual do conhecimento sobre o tema de interesse. A pesquisa qualitativa é apropriada para explorar conceitos, ideias e contextos, o que se alinha com os objetivos deste estudo. Para coletar as informações necessárias, foi realizada uma busca abrangente em várias fontes de dados, incluindo: Google Acadêmico: Esta plataforma foi utilizada para acessar uma vasta gama de artigos acadêmicos e pesquisas científicas relacionadas ao tema. O Google Acadêmico é uma ferramenta amplamente reconhecida por sua extensa base de dados acadêmicos. Sites de Revistas Científicas: Diversos sites de revistas científicas de renome foram consultados. Essas revistas fornecem acesso a artigos revisados por pares, que são fundamentais para garantir a qualidade das fontes utilizadas neste trabalho.

## 4. CONCLUSÃO

Observa-se que a globalização e a democratização do acesso à Internet estão encontrando um aliado poderoso na tecnologia de comunicação via satélite, especialmente por meio da utilização da banda Ka. Um dos desafios cruciais que tem impedido a evolução das comunicações sem fio e das comunicações via satélite é a limitação do espectro de frequência disponível.

Uma das características notáveis que a banda Ka traz à tona é a capacidade de reutilização de frequência através de feixes altamente direcionais, conhecidos como “spot-beams”. Esses feixes subdividem a área de cobertura em células menores, com diâmetros de aproximadamente 500 km. Isso significa que diferentes gateways podem se comunicar com o satélite como se fossem sub-redes independentes, otimizando o uso do espectro disponível de forma eficiente.

No entanto, em contraste com a banda C, que apresenta baixa suscetibilidade a atenuação, a principal desvantagem da banda Ka é a sensibilidade a fenômenos de desvanecimento do sinal, particularmente durante chuvas, o que é relevante em regiões de clima tropical e equatorial, como é o caso do Brasil. Para superar essa desvantagem, são necessárias técnicas avançadas, como Codificação e Modulação Adaptativas e Controle de Potência, cujas metodologias devem ser estudadas detalhadamente.

O aumento substancial nas pesquisas relacionadas à aplicação da banda Ka em diversos campos do conhecimento demonstra que o processo de transmissão de dados, especialmente em projetos voltados para monitoramento, automação e controle industrial remoto, poderá ser impulsionado por essa banda, integrando-se à vasta rede da Internet em breve. Essa integração promete desempenhar um papel essencial na expansão das oportunidades de conectividade e no avanço da comunicação em todo o mundo.

## Referências

AMIR YAFE “Ka versus Ku-band: what makes the difference in VSAT technology?” Artigo técnico da Empresa Gilat - 2011, disponível em: <[www.satellite-evolution.com](http://www.satellite-evolution.com) Consulta> realizada em Mai 2023.

KASSIA TOCCOLINI. Estudo de Antena Refletora para Sistemas de Comunicação na Banda Ka” - UFSC “Universidade Federal de Santa Catarina”, Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 2019, pp. 15-18. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/214639>

EUTELSAT - Information Notice 9 – System Operations Division – Note 2000/008/ - Subject: “USE OF UPPC (UP-LINK POWER CONTROL UNITS)”, 2008.

IANNELLI, ANTONIO PAOLINO. Multiplicação da Capacidade: Uso de Spot-Beams em Banda Ka” – Apresentação StarOne, 2010, pp. 2-5. Disponível em <http://www.sspi.com.br/portal/images/stories/pdfs/spectrumday2010/spectrum-day-2010-star-one-2.pdf> consulta realizada em Jun 2023.

KOTA, SASTRI L. “Quality of Service for Broadband Satellite internet – ATM and IP Services” Paper - *Department of Electrical and Information Engineering, Telecommunication Laboratory, University of Oulu*, pp. 25-60- 2002.

L.MORGAN, WALTER e D. GORDON, GARY “Principles of Communications Satellites” Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc, USA, pp. 101-184. 1993

MARINS, C. N. M., “Estudo Analítico e Numérico de um Enlace Digital de Comunicação via Satélite em condição orbital Geoestacionária - Inatel “Instituto Nacional de Telecomunicações”, Dissertação de Mestrado, Santa Rita do Sapucaí, 2004, pp. 110-117. Disponível em: <http://www2.inatel.br/mestrado/Dissertacoes/Carlos%20Nazareth%20Motta%20Marin.s.pdf> consulta realizada em Mar de 2023.





# 15

EFEITOS AMBIENTAIS E EXPANSÃO DE TÉCNICAS DE  
PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

ENVIRONMENTAL EFFECTS AND EXPANSION OF  
PHOTOVOLTAIC ENERGY PRODUCTION TECHNIQUES

Werberth Cardoso Pinto  
Maria de Lourdes Ferreira Nunes

## Resumo

A crescente busca por fontes de energia que contribuam positivamente com o meio ambiente torna-se uma medida eficiente desde que não afeta o equilíbrio ambiental, logo, o presente trabalho, visa, analisar os impactos ambientais causados pelo uso da energia solar fotovoltaico, mostrando as vantagens e desvantagens dessa forma de produzir energia e analisar os impactos diretos da energia fotovoltaica no meio ambiental. O presente trabalho trata-se de uma revisão de literatura, no qual foi realizado uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de buscas nos seguintes base de dados: livros, sites de banco de dados (Periódicos Capes, SciELO - Scientific Electronic Library Online) e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações etc..). Logo concluiu-se que energia fotovoltaica apresenta baixas consequências ambientais, sendo a fonte de energia com lançamento de poluentes inferior comparando com outras formas já existente. Embora seja uma fonte de energia com baixo impacto ambiental, baixa emissão de poluentes, é importante levar em conta que há impactos associados à produção e descarte de painéis solares.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico, Meio Ambientais, Energia, Placas solares.

## Abstract

The growing search for energy sources that contribute positively to the environment becomes an efficient measure since it does not affect the environmental balance, therefore, the present work aims to analyze the environmental impacts caused by the use of photovoltaic solar energy, showing the advantages and disadvantages of this way of producing energy and analyzing the direct impacts of photovoltaic energy on the environment. The present work is a literature review, in which a consultation of books, dissertations and scientific articles selected through searches in the following databases: books, database sites (Capes Journals, SciELO – Scientific Electronic Library Online and Digital Library of Theses and Dissertations, etc.). It was soon concluded that photovoltaic energy has low environmental impacts, being the energy source with the lowest emission of pollutants. Although it is an energy source with low environmental impact, low emission of pollutants, it is important to take into account that there are impacts associated with the production and disposal of solar panels.

**Keywords:** Photovoltaic, Environment, Energy, Solar Panels





## 1. INTRODUÇÃO

O ser humano sempre interagiu com o meio ambiente visando a sua própria subsistência. Ocorre que inicialmente a utilização e a demanda dos recursos naturais eram mais restritas e, por isso, não havia uma preocupação com a degradação ambiental do planeta. Todas as necessidades do ser humano eram supridas pela natureza, existindo, até mesmo, aspectos de veneração em civilizações. No entanto, com o salto criativo e tecnológico que a humanidade passou a vivenciar após a revolução industrial, quando então invenções incrementaram um novo modelo de sociedade que passou a utilizar a energia numa escala nunca antes possível, comprometendo os recursos não renováveis.

Com essa transformação no comportamento cotidiano das pessoas, o que acelerou a degradação ambiental em escalas não vistas anteriormente. Assim, com o novo estilo de vida, moderno e dependente das tecnologias, as sociedades passaram a demandar uma produção energética maior a fim de suprir as necessidades cotidianas da população. Necessidades que se apresentam infindáveis, uma vez que são baseadas numa proposta existencial de posse, cada vez maior, de bens de consumo, que é o fundamento da expansão das atividades capitalistas.

Boff (2013), considera que, esse comportamento desenfreado de maior consumo energético provocaram um desequilíbrio ambiental no planeta, haja vista a desproporção existente entre a utilização dos recursos naturais e o próprio poder de restauração dos mesmos. Nota-se, pois, que este modelo de habitar o planeta se tornou insustentável e que coloca em risco o futuro comum. O fato é que, a inquietação do ser humano com os problemas ambientais foi crescendo gradativamente a partir do momento em que a humanidade passou a perceber que suas atitudes e atividades estavam afetando negativamente o meio ambiente.

De acordo com Amado (2013), a busca por novas fontes de energia mostra-se como um processo consolidado na realidade da maioria dos países desenvolvidos, tanto como forma de trazer alternativas para a diminuição do impacto ambiental negativo causado pelos combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), quanto na procura de independência energética. Assim, os estudos como a procura por novas fontes de energia são os grandes desafios e objetivos das sociedades atuais, que têm entre suas principais metas o desenvolvimento econômico e humano, os quais dependem de recursos energéticos para subsistirem.

A relação entre a crescente demanda de energia e o consumo de recursos energéticos finitos e nocivos resultou na crise energética mundial. O uso de matérias-primas fósseis, como o petróleo e o carvão mineral, para a produção de energia, apresenta-se em processo de escassez além de serem matrizes energéticas caras e potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. Usando os meios tecnológicos, surge ao qual chama-se de a grande saída, produzir as consideradas energias limpas, pois os resíduos deixados na natureza são nulos ou quase nulos. No qual se destaca: energia eólica, energia da biomassa, energia geotérmica, energia dos oceanos, energia do hidrogênio e energia solar.

O Brasil apresenta o índice de insolação alto no qual o torna propício a instalação de sistemas de geração de energia solar. Rahman *et. al.* (2019), afirmam que a produção de energia solar fotovoltaica utiliza de uma fonte livre de combustíveis fósseis e, em fase de uso, não emite gases de efeito estufa. Porém, do ponto de vista da sustentabilidade, várias etapas do ciclo de vida do sistema podem ser causadoras de grande impacto ambiental e que o tratamento posterior a sua vida útil, são fases que ainda demandam aperfeiçoamen-

to a fim de estarem mais próximas aos princípios de desenvolvimento sustentável.

Verificando o crescimento do setor de energia fotovoltaica nos últimos anos no Brasil e no mundo com grandes expectativas pelo fato de apresentar vantagens ambientais, produção de energia elétrica limpa e renovável, nos remeteu ao problema de pesquisa deste trabalho que foi: como a expansão da produção de energia solar no país, vem impactando no meio ambiente? No qual o objetivo geral deste foi analisar os impactos ambientais causados pelo uso da energia solar fotovoltaico no ambiente. Enquanto, os objetivos específicos foram: demonstrar vantagens e desvantagens da produção de energia fotovoltaica; analisar os impactos diretos da energia fotovoltaica na matriz energética nacional.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho, trata-se de uma revisão de literatura, no qual foi realizado uma consulta a livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de buscas nos seguintes base de dados: livros, sites de banco de dados (Periódicos Capes, SciELO – Scientific Electronic Library Online e a Biblioteca Digital de Teses e Dissertações etc.). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: fotovoltaica, energia solar, célula solar, meio ambiente e energia, energia sustentável, ambiente e fotovoltaica.

### 2.2 Resultados e Discussão

Vive-se em um mundo marcado por tecnologias que diariamente lançam no mercado muitos objetos que tornam a vida mais confortável e dinâmica. Ao usufruir dos benefícios tecnológicos, aumenta-se o consumo de energia elétrica, o que acarreta num impacto ambiental. A evolução da humanidade sempre esteve conectada às exigências por fontes de energia. Observou-se que a matriz energética global é altamente dependente dos combustíveis derivados de petróleo, que por sua vez possuem alto coeficiente energético, porém causam grandes impactos ao meio-ambiente em sua exploração e utilização (Albuquerque, 2017). Este cenário marcado por uma extrema dependência de fontes energéticas tem levado a sociedade a descobrirem fluxo energético com base nos recursos naturais renováveis e nos processos de produção em escalas harmonizadas com a vida humana e capacidade de suporte dos ecossistemas, entre eles está a energia solar que pode ser usada na produção de energia elétrica por meio de dois sistemas: heliotérmico e fotovoltaico.

O sistema fotovoltaico foco deste estudo, é definido como um gerador elétrico movido a luz do sol sendo formado por um conjunto de equipamentos específicos, o kit de energia solar, que transforma a radiação diretamente na energia elétrica. Um dos principais equipamentos do sistema é a placa solar ou placa fotovoltaica (tecnicamente conhecido como módulo) constituída por células responsáveis por transformar a energia da luz solar em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico figura 1. Existem vários tipos de células variando de acordo com o material e refinamento usado, o mais utilizado é o silício cristalizado pelo fato de ter a capacidade de ser monocristalino (formado por um único cristal de Si) ou policristalino (vários monocristais de Si). O mono cristalizado vem tendo uma preferência no Brasil devido o preço ser menor.



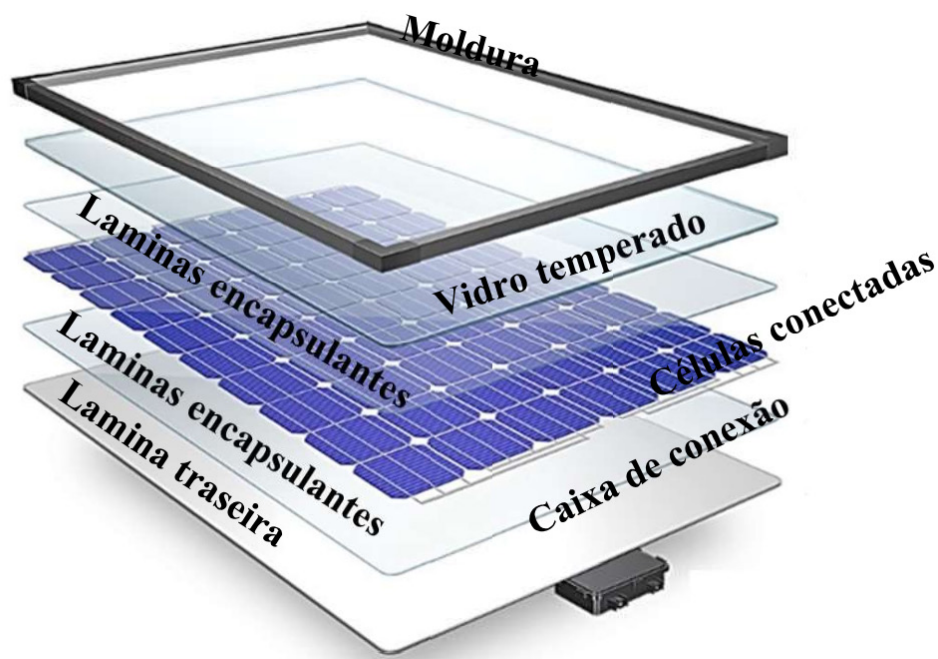


Figura 1. Composição do módulo fotovoltaico

Fonte: Mariano *et al.* (2022)

A célula fotovoltaica é um componente eletrônico fundamental do sistema, utiliza o efeito fotoelétrico para transformar as ondas eletromagnéticas (radiação) emitidas pelo Sol em eletricidade. O conjunto de células unidas formam um módulo e esses módulos agrupados formam uma instalação solar como pode-se observar na figura 2. A principal composição dessas células é de silício, trata-se da parte ativa dos painéis e são nelas que a energia elétrica é de fato produzida. O silício é um elemento semicondutor, por possuir metade de sua valência totalmente ocupada por elétrons e a outra parte totalmente vazia, levando em consideração a temperatura 0°K.

A vantagem do uso do silício trata-se de um elemento encontrado na areia e que pode-se encontrar com facilidade na natureza. Não só é um material abundante, mas também não são necessárias quantidades importantes (Akbari *et al.*, 2018). Isso significa que não é necessário fazer alterações significativas nas características litológicas, topográficas ou estruturais do terreno quando se fabrica painéis solares fotovoltaicos, mas deve-se ficar alerta quanto ao descarte dos resíduos produzido pelas trocas e manutenções das placas fotovoltaicas causando danos e ameaçando diretamente a vida.

A utilização de material do silício consumido durante a fase de fabrico é apenas de cerca de 1% em relação aos painéis convencionais. (Bicalho *et al.*, 2018). Estes painéis são assim mais econômicos, no entanto o desempenho é mais baixo do que nos painéis produzidos de modo convencional, logo, esta solução requer uma superfície maior para a mesma potência instalada e também o preço por metro quadrado instalado é inferior ao dos painéis constituídos por células cristalinas

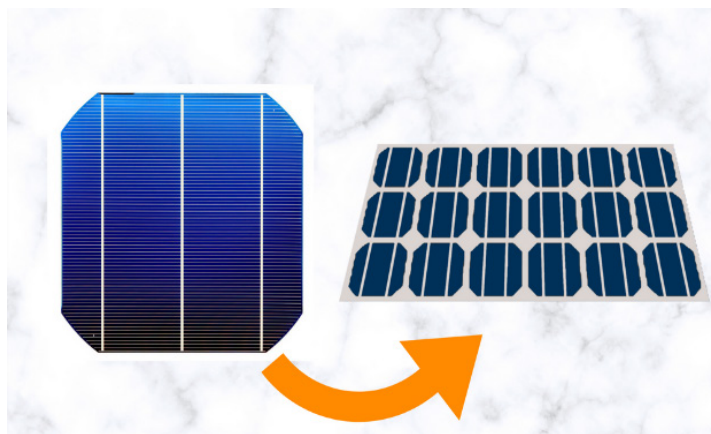


Figura 2. Representação de célula fotovoltaica

Fonte: Mariano *et al.* (2022)

Para a fabricação de células são indicados materiais constituídos de elementos semicondutores por possuírem duas bandas de energia, denominadas como banda proibida, bandgap ou simplesmente gap, e são representadas pela sigla  $E_g$ . Essa energia pode atingir até 3 eV (elétron-volt), diferentemente dos materiais isolantes em que o gap supera esse valor (Akbari *et al.*, 2018). Levando em consideração essas bandas de energia e a elevação da temperatura, ocorre uma excitação térmica dos elétrons existindo lacunas na camada de valência, conhecidas como portadores intrínsecos. Logo a elevação da temperatura vai sempre ter elétrons ocupando a banda de condução equivalente o número de lacunas na banda de valência.

Mariano *et al.* (2022), apontam uma outra característica essencial que permite a fabricação das células fotovoltaicas, é a possibilidade de fótons incidentes do material com energia superior à do gap, gerarem pares de elétron-lacunas. Esses elétrons e lacunas fotogerados podem locomover-se dentro do material, aumentando a condutividade elétrica (Fadigas, 2012). Esse efeito é denominado como efeito fotocondutivo e é aproveitado para a fabricação das fotocélulas.

As células de fotovoltaicas ou wafers, são lâminas em forma de disco com espessura de poucos milímetros. O diâmetro dos wafers pode mudar de acordo com a tecnologia que está sendo usada no processo de fabricação. Entretanto, para que haja um aproveitamento da corrente e da tensão elétrica dos elétrons e lacunas fotogerados, é indispensável o uso de um campo elétrico, com a finalidade de separar os portadores. Isso decorre através do que se chama de junção.

Segundo Alves (2019), as células fotovoltaicas podem ser divididas em módulos de silício cristalino (1ª geração) ou de filmes finos (2ª geração) apresentados na tabela 1. O segundo diferencia-se por seu módulo apresentar apenas uma célula, um aspecto visual mais uniforme, e as seguintes características:

- a) alta flexibilidade, considerados praticamente inquebráveis;
- b) alta leveza;
- c) semitransparentes;
- d) superfícies curvas;
- e) sua célula é susceptível à degradação causada pela luz, resultando em perda de eficiência.

| Geração           | Cadeia Produtiva                           | Eficiência das células | Eficiência dos Módulos       |
|-------------------|--------------------------------------------|------------------------|------------------------------|
| <b>1ª Geração</b> | Monocristais de Silício (m-Si)             | 14% a 25%              | 15% a 18%                    |
|                   | Policristais de Silício (p-Si)             | 20%                    | 13% a 15% (com anti-reflexo) |
| <b>2ª Geração</b> | Silício Amorfo (a-Si)                      | 9%                     | 5% a 9%                      |
|                   | Disseleneto de Cobre e Índio (CIS)         | -                      | 7,5% a 9,5%                  |
|                   | Telureto de Cádmio (CdTe)                  | 14,4%                  | 6% a 9%                      |
|                   | Disseleneto de Cobre, Gálio e Índio (CIGS) | 22%                    | 10% a 12%                    |
| <b>3ª Geração</b> | Orgânica                                   | 12%                    | 7% a 12%                     |

**Tabela 1.** Rendimento médio de células e módulos fotovoltaicos.

**Fonte:** Adaptado de Almeida *et al.* (2015)

Conforme Januário (2014), ao estudar a produção de grafeno, afirma que a utilização do mesmo em painéis fotovoltaicos trata-se de uma tecnologia que permite melhor rendimento dos módulos, graças às suas propriedades hidrofílicas e fotocatalíticas, que conferem às placas funções autolimpantes e de fácil decomposição de materiais orgânicos, reduzindo os riscos causados pelo hot-spot (pontos quentes).

No caso de módulos com revestimento de grafeno não retém as partículas de água, evitando a formação de bolhas pelo escoamento pela superfície arrastando poeira e evitando que as performances das placas sejam preservadas e reduzindo as frequências de manutenção para limpeza (Januário, 2014). Dependendo do tipo de célula fotovoltaica considerada, a natureza renovável desta energia é discutível, pois o fabrico de painéis fotovoltaicos requer energia em grande quantidade, cuja origem é essencialmente não renovável.

Quando os painéis solares atingem o fim de sua vida útil, é importante ter em mente que não se pode descartá-los em lixo comum. Isso porque os painéis solares contêm materiais tóxicos que podem poluir o meio ambiente. Por isso, a reciclagem desses painéis é uma etapa crucial para minimizar o impacto ambiental causado por esses dispositivos, no qual consiste em coletar os painéis solares que já não funcionam ou estão obsoletos e separar os materiais que podem ser reutilizados, como vidro, alumínio e células fotovoltaicas. A vida útil de um painel solar é de 25 a 30 anos inclusive esse é o prazo que os fabricantes costumam dar como garantia (Lopez, 2012). Contudo, pesquisas mostram que a durabilidade de um painel solar pode ultrapassar os 40 anos, mesmo levando em consideração essa vida útil das placas, pode-se deduzir que esse processo já está gerando grandes quantidades de resíduos poluentes. Como todo empreendimento gerador de energia elétrica, as usinas solares também apresentam impactos ambientais, sejam positivos ou negativos, em todo o seu ciclo de vida. Genelhu (2020), vem corroborar quando apontam que esses



impactos ambientais são quaisquer alterações das características do sistema ambiental, seja esta física, química, biológica, social ou econômica, causada por ações antrópicas, as quais possam afetar direta ou indiretamente.

Contudo, entende-se que quando se extrai matéria ou energia do meio ambiente altera-se o meio físico, químico e biológico diretamente ou o comportamento de parâmetros que compõem os meios físico, biótico e/ou socioeconômico do sistema ambiental na sua área de influência.

De acordo com a CONAMA, em sua Resolução 001 (BRASIL, 1986, p.1), define impacto ambiental como:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas [...] e que afetam: 1 – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; 2 – as atividades sociais e econômicas; 3 - a biota; 4 - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; 5 - a qualidade dos recursos ambientais”.

Estes impactos gerados através de uso solar fotovoltaico estão relacionados à sua localização, às características físico-climáticas do local de implantação e às características dos ecossistemas locais (Geoconsult *et al.*, 2012). No entanto pode-se compreender que os impactos negativos apresentados por sistemas fotovoltaicos são reduzidos quando comparados com os impactos positivos e as vantagens de sua implantação. Porém, em se tratando de produção em maior escala os impactos vão afetar o meio ambiente com a terraplenagem, a retirada ou cobertura da vegetação, com a possível modificação do nível do lençol freático causando alterações também na reprodução dos animais, havendo perda de habitat, de reprodução, alimentação e variação da movimentação corriqueira dos animais.

Apesar de todo esse transtorno causado ao meio ambiente o uso de sistema fotovoltaico já é uma realidade para muitos consumidores do planeta, sendo dominado pela China, Estados Unidos e Europa. América Latina não deixa a desejar com relação a seus investimentos em energia renovável, e, mesmo depois de uma queda durante a pandemia do COVID-19, tem se recuperado obtendo um investimento total de quase 20 bilhões de dólares (Cabello, 2022). Este fato é consequência de mal uso dos nossos recursos naturais, no qual nosso planeta está no limite e nos forçando a descobrir novas fontes de energia menos nociva para o mundo.

O potencial do Brasil de energia fotovoltaica é imenso, dados seus altos índices de radiação solar. Os governos e as concessionárias de serviços públicos são os principais investidores, utilizando painéis fotovoltaicos em sinalização, fiscalização rodoviárias, iluminação pública, telecomunicações e outros (Turney *et al.* 2011). As comunidades isoladas e carentes vêm se beneficiando com essa tecnologia da energia fotovoltaica. Como pode-se perceber que existe um esforço em investir numa produção de energia limpa sem muitos danos ao meio ambiente. Porém conforme WWF (2012), aponta que existem obstáculos políticos por parte do governo com relação a tomada de decisão mais efetiva e, por outro, há pressão das indústrias que pretendem continuar com os combustíveis fósseis. Os últimos argumentam que não recuperariam seus investimentos em breve e que os lucros também atrasariam. Pelo visto o raciocínio capitalista prevalece sem se preocupar com o futuro da humanidade. É necessário para preservação da vida, gerar espaços que permitam o reconhecimento do ambiente, da realidade e suas formas de proteção, de tal forma que encoraja e motiva reflexão e desenvolvimento sustentável. É indiscutível a necessida-



de de conservação e defesa do meio ambiente. Para tanto, é preciso que as pessoas sejam conscientizadas levando essa conscientização para suas práticas cotidianas e para as pessoas do seu convívio.

Souza (2020) menciona que as ameaças ambientais globais, avanços tecnológicos, falta de motivação humana para o cuidado do meio ambiente e, em geral, as notícias e estudos que mostram o problema da realidade ambiental, são fatores que geram preocupação para a busca de estratégias que permitam a conservação e preservação do planeta, da vida, alertando sobre a importância do reconhecimento dos elementos do ambiente que influenciam o processo evolutivo do ser humano. Pode-se dizer, que manter um padrão de vida com práticas que exigem mais e mais uso de energia geram ações que provocam danos ao meio ambiente, como a poluição, a degradação das florestas, a extinção de animais e consequentemente o aquecimento global.

A produção de energia fotovoltaica pode colaborar com a recuperação e conservação do meio ambiente, contudo, vale ressaltar que também existem consequências ambientais na produção das placas solares, bem como na rejeição de materiais oriundos de sistemas fotovoltaico descartados por inutilidades para produção de energia e sem ter um direcionamento para reutilização em outros fins (Rangel, 2016). Pode-se considerar que não existe fonte de energia, seja renovável ou não, que esteja completamente livre de danos ambientais. Mas, comparando com fontes não renováveis, como o carvão, muito utilizado para gerar eletricidade para a humanidade, a energia solar apresenta implicações ambientais pequeno, pelo fato de não lançar gases poluentes durante a sua produção de energia.

Embora seja uma fonte de energia com baixo impacto ambiental, baixa emissão de poluentes, é importante levar em conta que há impactos associados à produção e descarte de painéis solares. Reciclar seria a melhor saída, porém como trata-se de um procedimento relativamente novo e com grandes desafios significativos, como a composição variada de materiais, incluindo vidro, alumínio, plástico, cobre e silício, o que torna o processo de separação destes, um processo complexo e demorado. Além disso, muitos dos materiais utilizados na fabricação de painéis solares são tóxicos, o que torna ainda mais importante a necessidade de reciclagem adequada desses dispositivos.

Logo, são necessárias estratégias mais eficientes e políticas públicas mais estruturadas para reduzir custos para a implementação desse processo de fonte de energia, juntamente com a conscientização de seu consumo, possibilitando assim que o Brasil aproveite de todo o seu potencial energético renovável, contribuindo para a diversificação da matriz energética de forma sustentável e alcançando a segurança do meio ambiente.

### 3. CONCLUSÃO

Esse modo de produção de energia está em ascensão nos últimos anos e é um modelo que precisa de estudos aprofundados para sua eficácia nos termos da sustentabilidade. As energias renováveis já é uma realidade na sociedade e seus benefícios ambientais são evidentes. Todas as comunidades do planeta são consumidoras de energia em grande escala ou menor, porém a realidade é que a maior parte da energia consumida é proveniente de fontes não renováveis, como combustíveis fósseis e energia nuclear, cujo impacto negativo no meio ambiente é avassalador. Um aspecto importante das energias renováveis é que, não emitem gases de efeito estufa nos processos de geração de energia, tornando-se uma solução mais limpa e viável para evitar a degradação ambiental e também favorecendo o desenvolvimento econômico e a criação de empregos.

A maioria das vantagens da energia solar está relacionada a benefícios ambientais. Dentre os principais pontos, pode-se destacar: ser considerada inesgotável por ser advinda do sol e tratar-se de uma fonte gratuita; ocupa pouco espaço; teoricamente não emite poluentes; apesar de ser uma tecnologia cara, os painéis utilizados na produção de energia são resistentes tendo baixa necessidade de manutenção. Contudo, todo sistema de produção de energia possui o seu lado B, isto é, os seus efeitos colaterais. Com a energia solar não é diferente. Dentre as suas desvantagens, pode-se citar: Custo elevado, tornando-se exclusividade da população mais rica; as variações climáticas interferem rapidamente sobre a produção de eletricidade interrompendo a produção quando o sol fica encoberto por mais de 23 horas seguidas, que é o tempo máximo de armazenamento de energia nessas unidades. Apesar de a energia produzida ter o seu armazenamento viável e possível, ele não acontece em grandes quantidades em comparação a outras fontes de energia.

É notório que a energia fotovoltaica tem baixos impactos ambientais, considerando a quantidade de poluentes lançados durante todo o processo de produção de energia, contudo não podemos desconsiderar os resíduos acumulados pelo descarte das placas e os danos causados pela instalação de usinas fotovoltaicas causando grandes impactos na fauna e flora, degradando visualmente a paisagem e poluindo a água na mineração. Diante da necessidade urgente de uma produção de energia menos ofensiva sugere-se que os consumidores no geral reutilizem os equipamentos provindos da energia solar, por exemplo: recuperação de placas, inversores e outros resíduos que não necessita desmanchar escapando do rejeito de materiais que vem a contribuir com consequências agravantes para o meio ambiente. Pode-se aludir que qualquer fonte de energia não está isenta de efeitos prejudiciais ao meio ambiente, porém esta, comparada com o carvão a solar traz impactos inferiores durante todo seu processo de produção.

Portanto, para estudos futuros, sugere-se realizar a projeção da matriz energética e seus impactos ambientais em um período de 20 anos, analisando como a matriz energética tende a se comportar, verificando a participação das fontes renováveis, dando atenção especial a duas fontes que apresentam alto crescimento: fontes solar e eólica. Pode-se também analisar o planejamento estratégico do uso de fontes renováveis, analisando as mudanças climáticas e como essas fontes renováveis de energia podem se adaptar. Outro ponto futuro a ser estudado é como as mudanças na matriz energética mundial contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, analisando quais são os pontos de maior interesse e sensibilidade.

## Referências

- AKBARI, H. et al. Efficient energy storage technologies for photovoltaic systems. **Solar Energy**, Article in Press, pp. 1-25. 2018
- ALBUQUERQUE, T. C.; MALDONADO, M. U.; VAZ, C. R. Um levantamento da produção intelectual sobre Energia solar fotovoltaica. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, vol. 6, nº. 5, p. 915-939, 2017
- ALMEIDA, E.; ROSA, A. C.; DIAS, F. C. L. S.; THAIS, K.; BRAZ, M.; LANA, L. T. C.; SACRAMENTO, T. C. B. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Engenharias online**, Belo Horizonte, 2015.
- ALVES, M. D. O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. Trabalho de Conclusão de curso, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019.
- AMADO, Frederico Augusto Di Trindade. **Direito Ambiental Esquematizado**. 4ª ed. São Paulo: Método, 2013. 968p.
- BICALHO, Marlon S.; ARAUJO, Tiago P.; CARDOSO, Rafael B. Análise De Desempenho Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Da Universidade Federal De Itajubá – Campus Itabira. **Revista Brasileira de Energias**



**Renováveis**, v. 7, n. 1, p. 95-105, 2018. XII Seminário de Meio Ambiente e Energias Renováveis. Disponível em: < <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/57971> > Acesso em: 09 de jun. 2023.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: O que é – o que não é**. 5ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013, 200 p.

BRASIL. RESOLUÇÃO nº 001, DE 23 DE JANEIRO DE 1986. Avaliação de Impactos Ambientais, Brasília, DF, fev. 1986. Disponível em: <https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>. Acesso em: 10 de outubro de 2023.

CABELLO, Luíza. Investimento em energia renovável na América Latina se recupera. **PV Magazine**. 16 de Fevereiro de 2022. Disponível em: <https://www.pv-magazine-latam.com/brasil-noticias/investimento-em-energia-renovavel-na-america-latina-se-recupera/>. Acesso em: 30 de abril de 2023.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia solar fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. GEPEA - Grupo de Energia Escola Politécnica, 2012.

GENELHU, Renata Nicolato. **USO DE GRAFENO EM PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA MELHORIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**. Orientador: ADILSON RODRIGUES COSTA. 2019. 49 f. MONOGRAFIA (GRADUAÇÃO) UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - MINAS, OURO PRETO - MINAS, 2020. Disponível em: <http://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/2177>. Acesso em: 23 nov. 2023.

GEOCONSULT, C. G. e. M. A. L. **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA** - Central Geradora Solar Fotovoltaica Tauá, Fortaleza: s.n. 2012

JANUÁRIO, A. C.; REMÉDIO, B. R.; SOUSA, R. A. Produção de grafeno pelo método de esfoliação química e suas potenciais aplicações. **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**, 2014.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. Energia Solar para produção de eletricidade. São Paulo: **Artliber Editora**, 2012.

MARIANO, J.A.; JUNIOR, J. U. Energia solar fotovoltaica: princípios fundamentais. 1ª ed. Ponta Grossa - PR: Atena, 2022. 123p. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.752221803>

RAHMAN, Mustafizur; ALAM, Chowdhury Sadid; AHSAN, Abir. A Life Cycle Assessment Model for Quantification of Environmental Footprints of a 3.6kWp Photovoltaic System in Bangladesh. **International Journal of Renewable Energy Development**, v. 8, n. 2, p. 113-118, 2019.

RANGEL, M. S. et al. Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, vol. 5, nº. 3, pp.267- 277. 2016

SOUZA, L. C. O.; ASSIS, C. M. Uso de novas tecnologias para educação ambiental em prol da gestão dos resíduos sólidos recicláveis em Belo Horizonte/MG (vem reciclar). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 1021-1039, 2020. Disponível em: [http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/922/5126](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/922/5126). Acesso em: 09 maio. 2023.

TURNER, D. FTHENAKIS, V.,. Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. **Journal Elsevier**, V.15, ,p. 3261–3270, 2011.

WWF. **Além de grandes hidrelétricas: Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil**. Brasília, 2012.



# 16

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA ENERGIA DAS MARÉS NA  
GERAÇÃO DE ELETRICIDADE  
ANALYSIS OF THE APPLICATION OF TIDAL ENERGY IN  
ELECTRICITY GENERATION

Iolanda Batista dos Santos  
Paulo José Pinto Souza



## Resumo

Ao longo das décadas, tem-se observado um crescente interesse na adoção de fontes sustentáveis de energia, notadamente aquelas que eliminam a dependência de combustíveis fósseis. Este artigo realiza uma análise da literatura abrangente sobre a energia marítimas, explorando conceitos fundamentais, modalidades de aproveitamento das energias geradas pelo movimento das marés e os elementos essenciais de uma usina maremotriz. O objetivo geral deste estudo é analisar a relevância da energia das marés na produção de eletricidade, enquanto os objetivos específicos concentram-se em descrever as características das marés na região de estudo. A revisão bibliográfica proposta para este estudo se justifica pela necessidade de consolidar e atualizar o conhecimento existente sobre a energia maremotriz. Embora não introduza novos elementos, esta revisão visa compilar e organizar informações preexistentes de maneira abrangente. Dessa forma, a investigação sobre a aplicação da força maremotriz na geração de energia elétrica surge como uma necessidade premente, oferecendo uma compreensão holística dos aspectos técnicos, ambientais, econômicos e sociais associados a essa fonte sustentável. Essa descrição visa determinar o potencial energético viável para a geração de eletricidade, contribuindo assim para uma compreensão mais aprofundada da aplicabilidade e eficácia da energia maremotriz como fonte sustentável de energia elétrica. Aspectos cruciais, como considerações ambientais e econômicas, são abordados de maneira aprofundada. O estudo conclui ressaltando a importância de incentivos para investimentos futuros, visando solidificar a energia maremotriz como uma contribuição significativa para a matriz energética brasileira e no cenário mundial.

**Palavras-chave:** Geração, Maremotriz, Renovável, Movimento das marés.

## Abstract

Over the decades, there has been a growing interest in the adoption of sustainable energy sources, notably those that eliminate dependence on fossil fuels. This article carries out a comprehensive analysis of the literature on marine energy, exploring fundamental concepts, methods of harnessing energy generated by the movement of tides and the essential elements of a tidal power plant. The general objective of this study is to analyze the relevance of tidal energy in electricity production, while the specific objectives focus on describing the characteristics of tides in the study region. The bibliographical review proposed for this study is justified by the need to consolidate and update existing knowledge about tidal energy. Although it does not introduce new elements, this review aims to compile and organize pre-existing information in a comprehensive manner. Therefore, research into the application of tidal force in the generation of electrical energy appears as a pressing need, offering a holistic understanding of the technical, environmental, economic and social aspects associated with this sustainable source. This description aims to determine the viable energy potential for electricity generation, thus contributing to a deeper understanding of the applicability and effectiveness of tidal energy as a sustainable source of electrical energy. Crucial aspects, such as environmental and economic considerations, are covered in depth. The study concludes by highlighting the importance of incentives for future investments, aiming to solidify tidal energy as a significant contribution to the Brazilian energy matrix and on the world stage.

**Keywords:** Generation, Tidal, Renewable, Tidal movement.

## 1. INTRODUÇÃO

A exploração de energia alternativa sustentável tem ganhado destaque globalmente devido aos desafios ambientais e à busca por soluções mais sustentáveis para as demandas energéticas. Nesse contexto, a maremotriz surge como uma alternativa promissora para a geração de energia elétrica. Este estudo se propõe a investigar o potencial da energia das marés como fonte viável de geração elétrica no cenário brasileiro.

Ao longo das décadas, o atrativo pela adoção de fontes de energia renovável, desvinculadas dos combustíveis fósseis, tem crescido de maneira significativa. Entre essas alternativas, destaca-se a exploração da força maremotriz. Este trabalho propõe uma revisão bibliográfica focada no uso e na implementação da energia maremotriz, abordando conceitos fundamentais e estratégias de aproveitamento da energia proveniente do movimento das marés. São explorados detalhes dos componentes de uma usina maremotriz, bem como suas tecnologias ao longo do tempo.

O estudo também apresenta exemplos concretos de usinas maremotrizes em funcionamento ao redor do mundo, além de projetos em desenvolvimento no cenário brasileiro. Aspectos cruciais são destacados, como as implicações ambientais e econômicas inerentes a essa abordagem. Por fim, são discutidas as questões relacionadas aos incentivos necessários para estimular investimentos futuros na criação de usinas maremotrizes.

O estudo contempla aspectos técnicos, ambientais e econômicos, visando a integração eficaz dessa energia renovável à matriz energética. Além disso, busca identificar tecnologias para otimizar a produção elétrica e superar desafios, tornando a abordagem da força maremotriz viável e eficaz. Nesse contexto, como a utilização da força maremotriz pode ser estudada para a geração de energia elétrica de maneira eficiente, sustentável e economicamente viável?

O objetivo geral deste estudo é compreender a relevância da energia das marés na produção de eletricidade. Para atingir tal propósito, foi delineado um objetivo específico que direcionou a pesquisa, o qual consistiu em analisar as características das marés locais para avaliar o potencial energético disponível para a geração elétrica.

## 2. A ENERGIA MAREMOTRIZ: POTENCIAL E DESAFIOS

A eletricidade desempenha um papel vital no cotidiano das pessoas, permeando tarefas diárias, meios de transporte e comunicações, tornando-se um componente essencial em nosso dia a dia. No contexto atual, as fontes de energia sustentável têm ganhado destaque, uma vez que são consideradas recursos “inexauríveis”, com disponibilidade, alcance e disseminação conceitualmente ampliados (Silva, 2020). Entre essas fontes, a energia maremotriz, presente nos oceanos, é uma das menos exploradas (Savedra, 2016).

A energia maremotriz é derivada das variações nas marés, resultantes do deslocamento e da velocidade das correntes marítimas, proporcionando a oportunidade de converter essa energia. Esse fenômeno é impulsionado pelo desnível causado pela atração gravitacional exercida pela Lua e pelo Sol sobre a Terra. A posição da Terra e sua rotação em relação a esses corpos celestes são responsáveis pela oscilação periódica na altura das marés. Devido à sua origem natural, essa forma de energia é considerada renovável e amigável ao meio ambiente (Piacentine, 2016). Apesar de não depender de combustíveis fósseis e de não emitir resíduos prejudiciais à atmosfera, a implementação de usinas maremotrizes



apresenta desafios significativos para a fauna e a flora locais. A construção dessas usinas pode impactar negativamente a vida marinha local e afetar a qualidade da água circundante (Neto *et al.*, 2018).

A energia das marés tem a capacidade de produzir eletricidade através do movimento ondulatório das massas de água. Considerando que nosso país possui uma extensa faixa litorânea, existe um grande potencial para a aplicação dessa fonte energética. Uma abordagem conveniente para aproveitar essa energia é a construção de barragens equipadas com turbinas, semelhante ao processo empregado em hidrelétricas tradicionais (Leite Neto *et al.*, 2018).

No entanto, é importante salientar que a utilização desse modelo de geração requer a presença de ondas de amplitudes significativas, ideais para acionar as turbinas. Isso demanda condições geográficas apropriadas que possibilitem o represamento da água e a formação de um reservatório (Leite Neto *et al.*, 2018). No contexto brasileiro, a topografia muitas vezes não favorece a economia de tais reservatórios, e regiões apresentam ondas com amplitudes inadequadas para viabilizar essa forma de energia (Leite Neto *et al.*, 2018).

Apesar da geração de energia proveniente das marés não causar impactos ambientais diretos, é fundamental um planejamento cuidadoso. A construção e operação de usinas desse tipo podem alterar as propriedades naturais da região e, em casos extremos, resultar no deslocamento de comunidades locais (Leite Neto *et al.*, 2018).

## **2.1 Composição De Usinas Maremotrizes: Explorando O Potencial Energético Dos Oceanos**

O fenômeno das marés é resultado das forças gravitacionais exercidas pelo sol e pela lua, aliado a rotação da Terra. Esse conjunto de forças produz os movimentos característicos de subida e descida das ondas. Esses movimentos verticais geram o movimento da maré em direção à costa, formando correntes marítimas. Estas correntes apresentam padrões de oscilação idênticos às flutuações verticais (MME, 2017).

No entanto, é importante notar que existem restrições impostas por características geográficas, como baías e bacias hidrográficas, que podem dificultar o aproveitamento desses movimentos constantes. Em situações, altas velocidades ou amplitudes excessivas das marés podem se apresentar como obstáculos (Savendra, 2016).

A geração de eletricidade por meio da força das marés pode empregar turbinas semelhantes às utilizadas na geração de energia eólica, conforme ilustrado na Figura 1.

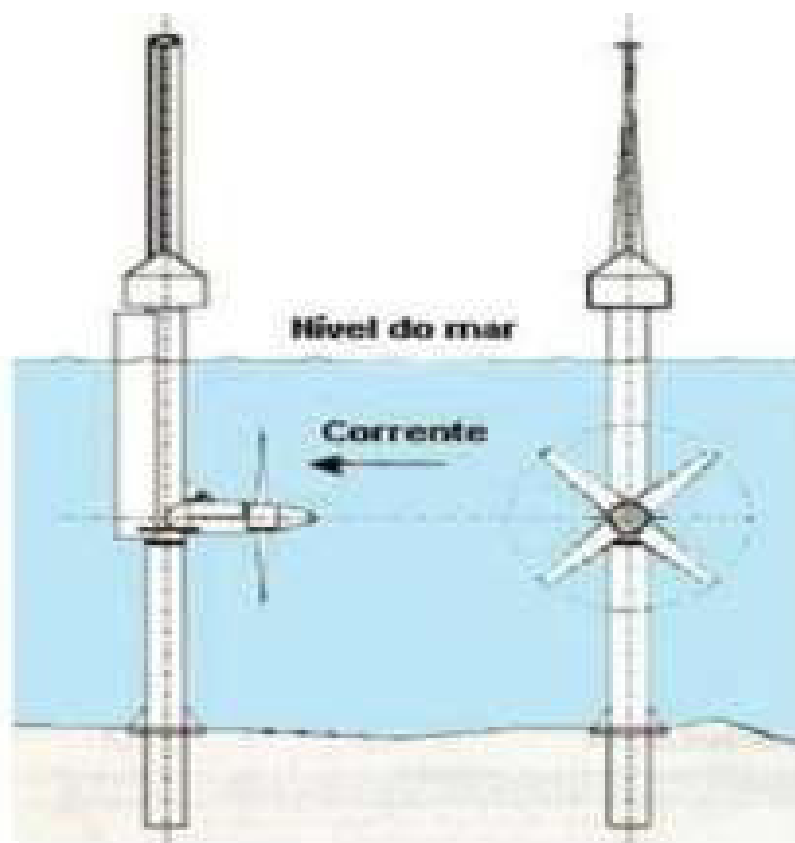


Figura 1. Turbinas de aproveitamento de energia das correntes marinhas

Fonte: MME (2017)

Conforme o Ministério de Minas e Energia (2017), a exploração do potencial energético das marés é efetuada por meio da edificação de uma barragem equipada com uma turbina e um gerador. Esse processo é concretizado por intermédio da criação de um reservatório adjacente ao mar, adotando dois modos de operacionalização: durante a maré alta, a água é direcionada para o reservatório, atravessa a turbina e promove a geração de energia; e durante a maré baixa, o reservatório é esvaziado, facultando à água fluir novamente pelas turbinas, entretanto, agora no sentido oposto à maré alta, ocasionando a produção de energia elétrica.

Uma usina maremotriz compreende componentes, como barragem, turbogeradores e reservatórios. A construção da barragem requer análise criteriosa devido aos possíveis impactos nas comunidades e no ambiente local, considerando fenômenos como o choque simultâneo de ondas e suas conseqüentes pressões (Leite Neto *et al.*, 2018).

Conforme destaca Rafael Malheiro Ferreira, professor de hidráulica, hidrologia e engenharia portuária e costeira da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a geração de energia maremotriz poderia beneficiar comunidades remotas, bases científicas, instalações militares, atividades pesqueiras e portuárias (Piacentine, 2016).

As comportas da usina estão diretamente ligadas à barragem e sua abertura é determinada pelas marés e pela operação da usina. Diferente de hidrelétricas convencionais, as comportas das usinas maremotrizes são acionadas com frequência e velocidade, exigindo alta confiabilidade para evitar problemas operacionais e manutenções frequentes (Leite Neto *et al.*, 2018).

Um conjunto de turbinas de geração de energia maremotriz, instalado a 30 metros de profundidade, com suas pás posicionadas de acordo com o sentido das ondas, demonstra

uma notável capacidade de produção energética, alcançando a impressionante marca de 86 GWh (Gigawatts-hora). Essa magnitude de energia é suficiente para suprir as necessidades de 1500 famílias (Gonçalves *et al.*, 2018).

Para alcançar esses números significativos, a velocidade mínima atingida pelo conjunto deve ser de, pelo menos, 1 m/s. Quanto maior a velocidade, mais energia é gerada, com o pico sendo atingido em 2,5 m/s, conforme ilustrado na Figura 2. Além disso, ao considerar a densidade da água em relação ao ar, que é cerca de 832 vezes maior, torna-se evidente que os rotores de diferentes meios de captação devem estar mais próximos e ser de menor tamanho para otimizar o conjunto e sua eficiência na geração de energia (Gonçalves *et al.*, 2018).

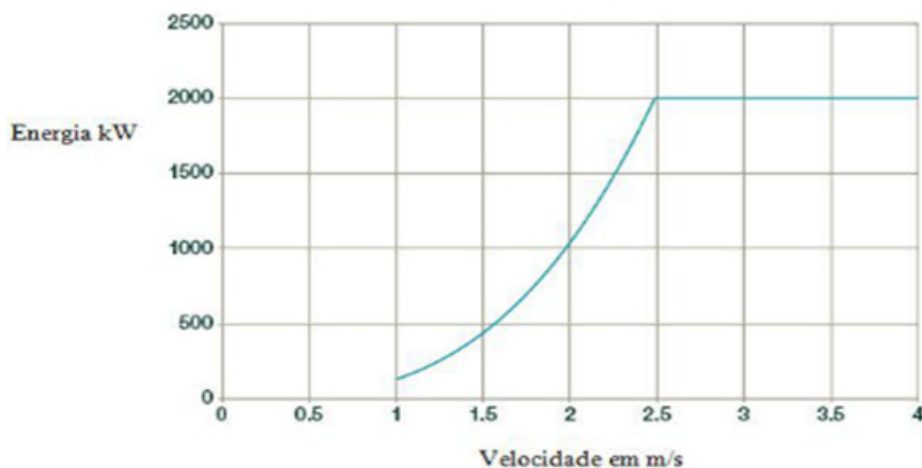


Figura 2. Gráfico que relaciona a velocidade de rotação e a energia gerada

Fonte: (Gonçalves *et al.*, 2018).

A energia maremotriz oferece uma promissora alternativa para suprir as necessidades energéticas de forma sustentável, aproveitando os recursos naturais de maneira eficiente e renovável. Com o avanço contínuo da tecnologia e o aprimoramento das técnicas de captação, podemos vislumbrar um futuro onde a energia proveniente do mar desempenhe um papel significativo na matriz energética global, contribuindo para a redução das emissões de carbono e a preservação do meio ambiente (Gonçalves *et al.*, 2018).

## 2.2 Funcionamento e Tecnologias Associadas Às Usinas Maremotrizes

A geração de energia por meio de uma usina maremotriz requer a consideração de fatores naturais, tais como uma localização geográfica favorável e uma amplitude de maré significativa. Para que um ponto de captação seja capaz de gerar energia suficiente para atender às demandas, é necessário que as ondas atinjam uma altura superior a 7 metros (Gonçalves *et al.*, 2018).

Existem diferentes modelos de captação de energia por meio das marés, todos compartilhando a mesma matriz energética, mas utilizando diferentes processos para sua obtenção. Dentre esses métodos, destacam-se os sistemas de captação por meio de turbinas, por terminais, por atenuadores, por absorvedores flutuantes e por dispositivos do tipo overtoppin (Gonçalves *et al.*, 2018).

No caso das turbinas, a captação ocorre através do aproveitamento do movimento das correntes marítimas. Já nos terminais, a energia é captada por meio de estruturas que interagem diretamente com as ondas. Os atenuadores, por sua vez, utilizam dispositivos flexíveis para absorver a energia das ondas. Os absorvedores flutuantes funcionam como dispositivos que flutuam na superfície da água, capturando a energia das ondas, enquanto



os dispositivos overtopping direcionam as ondas para reservatórios elevados, convertendo a energia potencial em energia elétrica (Gonçalves *et al.*, 2018).

Cada um desses métodos apresenta suas características específicas, mas todos visam aproveitar as condições naturais favoráveis para gerar energia de forma sustentável. Essas tecnologias representam uma alternativa promissora na busca por fontes renováveis de energia, contribuindo para a diversificação da matriz energética e redução da dependência de fontes não renováveis (Gonçalves *et al.*, 2018).

A abordagem mais comum para aproveitar a energia de usinas maremotrizes envolve a construção de barragens, que captam a diferença entre as marés baixa e alta. Durante a maré baixa, a água acumulada atrás da barragem é liberada, passando por turbinas para gerar eletricidade (Selin, 2019).

Esses sistemas são frequentemente implantados em áreas costeiras ou próximas a ilhas, onde as correntes de maré são intensas e impulsionam as turbinas. Estas podem ser dispostas em cercas de maré, ao longo de canais, ou como turbinas de maré, semelhantes às eólicas convencionais (Selin, 2019). Em 2012, reguladores federais emitiram licenças para projetos de energia hidrocínética, incluindo boias para capturar energia de ondas no Oregon e turbinas subaquáticas movidas por correntes no East River, Nova Iorque (EIA, 2022).

A energia hidrocínética ainda está em fase de teste e é considerada mais custosa em comparação a outros tipos de energia. Entretanto, destaca-se que, em contraste com fontes intermitentes de energia, a produção de eletricidade a partir das correntes de rios e marés possui maior previsibilidade, muitas vezes com antecedência de meses (EIA, 2022). Essa tecnologia hidrocínética opera por meio de boias que capturam a energia das ondas através do movimento vertical. Essa energia é então transmitida por cabos subaquáticos para a rede elétrica em terra. Além disso, as turbinas subaquáticas, acionadas pelas correntes de água, geram eletricidade (EIA, 2022).

Em contraste com as turbinas convencionais de hidrelétricas, que dependem de barragens para controlar o fluxo da água, a tecnologia hidrocínética aproveita unicamente as correntes de marés e as ondas do mar. Essas correntes aproveitam tanto as marés altas quanto as marés baixas para acionar as turbinas e produzir energia (EIA, 2022).

Tomando como exemplos as usinas maremotrizes mencionadas, em especial a usina de La Rance na França e a usina de Annapolis Royal no Canadá, embora bem-sucedidas, é essencial abordar aspectos específicos de seus projetos que requerem aperfeiçoamento. Entre as áreas que demandam melhorias estão o desenvolvimento operacional, a comercialização da energia produzida e as estratégias de despacho, temas ainda pouco explorados na literatura sobre o assunto (Leite Neto, 2018).

Conforme com Fleming (2022), a avaliação dos recursos energéticos provenientes dos oceanos ainda está em estágio introdutório. No entanto, já se reconhece a presença de um potencial teórico para a produção de energia a partir dos oceanos que pode superar as demandas humanas (Nascimento, 2017).

Apesar do potencial promissor da energia marés devido a sua amplitude global, é importante notar que existem poucas áreas onde as variações das marés são aproveitáveis o suficiente para obter resultados da produção energética satisfatórios. Além disso, fatores geográficos e outras condições também precisam ser considerados (Leite Neto, 2018).

Considerando esses aspectos é evidente que o Brasil não demonstra relevância geográfica ou morfológica para a energia maremotriz, quando equiparado a regiões de outros países, como a costa oeste da América do Norte, o extremo sul do continente americano e a Europa. A viabilidade econômica dos projetos que utilizam essa tecnologia no Brasil re-



quer um mapeamento cuidadoso das regiões de interesse (Nascimento, 2017).

No contexto da produção de energia elétrica por meio das marés no Brasil, apenas determinadas áreas do extenso litoral do país atendem ao padrão de possuir ondas com altura superior a 5 metros, notadamente nas regiões Norte e Nordeste. O potencial é particularmente alto no Maranhão e no Amapá, com destaque para a estação de Santa Maria do Cocal, no Foz do Igarapé, com potencial de 8 metros, e na estação do Igarapé do Inferno, na ilha de Maracá, com variações de até 11 metros (Nascimento, 2017).

Apesar das perspectivas favoráveis e das ocupações urbanas planejadas para a área, um projeto de barragem no estuário de Bacanga, no Maranhão, durante a década de 1970, não avançou devido a desafios técnicos e econômicos, além da necessidade de construir uma avenida em volta do reservatório. Isso resultou em uma geração de eletricidade significativamente menor do que o previsto inicialmente (Nascimento, 2017).

No aspecto econômico, iniciativas de exploração da energia das ondas do mar no Brasil, incluindo a usina piloto de Pecém, apresentaram retornos financeiros negativos, o que resultou em uma falta de entusiasmo comercial devido aos custos elevados de instalação (Nascimento, 2017).

Portanto, embora o Brasil não apresente a mesma relevância geográfica ou morfológica para a energia maremotriz como regiões de outros países, é crucial considerar a viabilidade econômica e os desafios específicos para a implementação dessa tecnologia, como destacado por (Nascimento, 2017).

No aspecto econômico, iniciativas de exploração da energia das ondas do mar no território brasileiro, incluindo a usina piloto de Pecém, apresentaram retornos financeiros negativos, conforme afirmado por Fleming (2022), o que resultou em uma falta de entusiasmo comercial devido aos custos elevados de instalação (Nascimento, 2017).

## 2.3 Vantagens e Desvantagens na Opção por Usinas Maremotrizes

A energia maremotriz possui vantagens significativas, como a sua capacidade de não gerar resíduos ou emissões prejudiciais ao meio ambiente. No entanto, sua implementação requer uma logística complexa, semelhante à construção de grandes usinas hidrelétricas, e pode impactar temporariamente o local onde será instalada (Gonçalves, 2018). A construção de uma usina desse tipo pode resultar em mudanças significativas nas características naturais do ambiente, afetando não apenas a qualidade da água, mas também a morfologia do local escolhido para sua instalação, além de interferir nos ciclos de vida das espécies locais (Savedra, 2016).

Além disso, a capacidade energética da energia maremotriz muitas vezes não justifica o investimento inicial, tornando sua instalação inviável em países subdesenvolvidos ou em regiões com economias frágeis. A presença de água salgada também requer materiais resistentes à corrosão, tornando-os mais caros. É essencial uma situação geográfica favorável, especialmente próxima ao mar, com a presença de marés no litoral e desníveis no leito oceânico (Nascimento, 2017).

Apesar dessas limitações, a geração de energia por meio de usinas maremotrizes se destaca por utilizar uma fonte inesgotável: o oceano. Essa característica faz da energia maremotriz uma alternativa promissora, desde que sejam superadas as barreiras econômicas e tecnológicas existentes (Silva, 2020).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação da energia potencial das ondas em eletricidade tem sido abordada em projetos ao redor do mundo, embora sua implementação ainda seja limitada. As preocupações ambientais associadas à construção de barragens foram reconhecidas, exigindo estudos cautelosos para mitigar impactos irreversíveis. Embora a energia maremotriz seja reconhecida por causar poucos impactos ambientais, sua adoção global ainda é limitada em comparação com outras fontes renováveis, como a energia eólica e solar.

A energia maremotriz destaca-se por suas notáveis vantagens ambientais, uma vez que opera com impacto zero. Apesar dos custos significativos de materiais, essa categoria de usina emprega uma quantidade reduzida de equipamentos em seu funcionamento, resultando em operações de baixo custo. Além disso, sua produção é consistentemente confiável devido à previsibilidade dos ciclos das marés, permitindo a construção de instalações mais adequadas para a extração de energia.

O objetivo proposto neste trabalho, que consistia em realizar uma revisão sobre o tema abordado, foi plenamente alcançado ao analisar e sintetizar as informações relevantes. No entanto, para aprofundar ainda mais o conhecimento e avançar nas pesquisas sobre essa temática, sugere-se explorar aspectos específicos que possam não ter sido totalmente abordados nesta revisão.

Para trabalhos futuros, recomenda-se investigar novas tendências, tecnologias emergentes ou questões ainda não totalmente esclarecidas, a fim de contribuir para o progresso contínuo no entendimento desse campo. Essa abordagem permitirá uma expansão significativa do conhecimento e promoverá avanços adicionais na área de estudo.

### Referências

- ANEEL, **Relatório de acompanhamento da implantação de empreendimentos de geração**. Nº 11, março, 2018.
- EIA, **Reguladores aprovam primeiros projetos hidrocinéticos comerciais nos Estados Unidos**. Today in energy, outubro, 2022.
- FLEMING, F. P. **Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), 2022.
- GONÇALVES, João Henrique Nascimento et al. Energia Maremotriz. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 1, p. 120-128, 2018.
- LEITE NETO, P. B. *et al.* **Exploração de energia maremotriz para geração de eletricidade**: aspectos básicos e principais tendências. Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, v. 19, n. 2, p. 219-232, agosto 2018.
- LEITE NETO, P. B. **Otimização da geração de eletricidade a partir de fonte maremotriz**. São Luís: Centro de Ciências Exatas e Tecnologias. Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica, 2018.
- MME (Ministério de Minas e Energia). Plano Nacional de Energia 2030. Brasília: MME, 2017.
- NASCIMENTO, R. L. **Aproveitamento da energia dos oceanos para produção de eletricidade. Estudo técnico**. Câmara dos deputados, março, 2017.
- PIACENTINI, **Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés**. Cienc. Culto. São Paulo, v. 68, n. 3, p. 11-13, setembro de 2016.
- SAVEDRA, O. R. **Potencial Energético do Maranhão**: Energias Oceânicas. São Luís: Universidade Federal do Maranhão, 2016.
- SELIN, N. E. **Potência das mares**. Encyclopaedia Britannica, inc, abril 2019.



# 17



ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: A IMPORTÂNCIA DESSA  
FONTE DE ENERGIA ALTERNATIVA PARA SOCIEDADE  
SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY: THE IMPORTANCE OF THIS  
ALTERNATIVE ENERGY SOURCE

Lucas Correa Silva



## Resumo

A pesquisa investigou a importância da energia solar fotovoltaica na composição energética do Brasil, ressaltando seu potencial sustentável e renovável. Por meio de uma abordagem qualitativa descritiva e revisão bibliográfica, o estudo abarcou uma década, examinando a trajetória histórica da eletricidade, os fundamentos da energia solar fotovoltaica e sua situação no contexto brasileiro. Diante das projeções de aumento na demanda por eletricidade nas próximas décadas, a diversificação da matriz energética torna-se crucial. A energia solar fotovoltaica emerge como uma solução promissora, não apenas pela redução dos impactos ambientais, mas também pela geração de empregos e receitas para o setor público. No entanto, são identificados desafios a serem superados, como os altos custos iniciais e o consumo energético na produção dos painéis solares. Estratégias para enfrentar esses desafios devem ser consideradas para promover ainda mais a adoção dessa fonte de energia limpa. O estudo enfatiza a relevância da energia solar fotovoltaica como uma alternativa sustentável e renovável para a matriz energética nacional. Os resultados oferecem uma compreensão aprofundada dos processos e benefícios associados a essa tecnologia, destacando a necessidade de políticas e incentivos que estimulem sua integração em larga escala. O artigo sugere futuras pesquisas direcionadas à redução de custos e consumo energético na fabricação de painéis solares, bem como maneiras de impulsionar ainda mais a adoção dessa tecnologia no cenário nacional.

**Palavras-chave:** Energia, Fotovoltaica, Renovável.

## Abstract

The research investigated the importance of photovoltaic solar energy in Brazil's energy composition, highlighting its sustainable and renewable potential. Using a qualitative descriptive approach and literature review, the study covered a decade, examining the historical trajectory of electricity, the foundations of photovoltaic solar energy and its situation in the Brazilian context. Given the projected increase in demand for electricity in the coming decades, the diversification of the energy matrix becomes crucial. Photovoltaic solar energy emerges as a promising solution, not only for reducing environmental impacts, but also for generating jobs and revenue for the public sector. However, challenges to be overcome are identified, such as high initial costs and energy consumption in the production of solar panels. Strategies to address these challenges should be considered to further promote the adoption of this clean energy source. The study emphasizes the relevance of photovoltaic solar energy as a sustainable and renewable alternative for the national energy matrix. The results offer an in-depth understanding of the processes and benefits associated with this technology, highlighting the need for policies and incentives that encourage its large-scale integration. The article suggests future research aimed at reducing costs and energy consumption in the manufacture of solar panels, as well as ways to further boost the adoption of this technology on the national scene.

**Keywords:** Energy, Photovoltaic, Renewable.





## 1. INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade, utilizando materiais semicondutores como intermediários, em um fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico. Nos últimos anos, o uso da energia solar para geração elétrica tem ganhado destaque no mercado brasileiro, especialmente para suprir o consumo industrial, residencial e de edifícios com desafios energéticos. Nesse cenário, a energia fotovoltaica emerge como uma fonte sustentável e renovável.

No entanto, surgem desafios dentro desse contexto. O Brasil, dotado de abundantes recursos naturais e uma posição geográfica privilegiada para a captação de energia solar, também possui capital humano capacitado para atuar na indústria de energia solar fotovoltaica. Apesar dos notáveis esforços, persistem obstáculos que dificultam a integração em larga escala da energia fotovoltaica na matriz elétrica nacional.

A importância desse tema torna-se inegável diante da crescente demanda por fontes de energia renovável, sendo crucial também para mitigar os riscos associados ao esgotamento de recursos naturais e os danos irreversíveis ao meio ambiente. Esse aspecto, embora ameaçador devido ao potencial devastador, age como um incentivo para a exploração de alternativas de produção de energia que a agressão ao ecossistema.

Esta temática assume relevância dada a crescente demanda por fontes energéticas renováveis, numa busca por evitar a degradação ambiental resultante do consumo excessivo de recursos não renováveis. A conversão de energia solar em energia elétrica a partir do princípio do elemento fotovoltaico é uma das formas mais promissoras de energia alternativa. Diante desse contexto nasce uma problemática a ser analisada: Qual a importância da energia fotovoltaica para a matriz energética nacional?

O objetivo geral deste estudo é analisar a relevância do emprego da energia proveniente da radiação solar por meio de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. De maneira específica, busca-se elucidar os conceitos essenciais associados à produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos. A pesquisa visa, portanto, oferecer uma compreensão aprofundada sobre os processos e benefícios ligados a essa tecnologia sustentável, destacando sua contribuição para a diversificação da matriz energética.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A eletricidade teve sua primeira aplicação prática no âmbito das comunicações, sendo inicialmente empregada no funcionamento de dispositivos como o telégrafo e o telefone elétrico. Contudo, um marco de relevância ocorreu em 1882, quando Thomas Edison estabeleceu as primeiras usinas geradoras de corrente contínua. Essas usinas tinham por objetivo fornecer energia para sistemas de iluminação (Farias; Sellito, 2018).

O ponto de inflexão para a eletrificação em grande escala ocorreu em 1886, quando George Westinghouse realizou a pioneira transmissão de energia elétrica em corrente alternada. Esse feito assinalou a ascensão da corrente alternada como alternativa viável para a transmissão de energia elétrica em longas distâncias. Nesse contexto, Nikola Tesla desempenhou um papel crucial ao conceber sistemas polifásicos fundamentados na corrente alternada, enquanto William Stanley contribuiu para aprimorar a eficiência dos transformadores (Farias; Sellito, 2018).

O desenvolvimento da energia fotovoltaica ao longo do tempo tem suas raízes no século XIX, quando o físico francês Alexandre-Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico em 1839. No entanto, o progresso significativo ocorreu no século XX. Na década de 1950, cientistas da Bell Labs criaram a primeira célula solar de silício com uma eficiência de conversão de 6%, marcando o início da era moderna da energia fotovoltaica. Durante os anos 1960 e 1970, os avanços na tecnologia de semicondutores impulsionaram o desenvolvimento das células fotovoltaicas de silício monocristalino e policristalino (Braga, 2018).

A crise do petróleo nas décadas de 1970 e 1980 intensificou o interesse por fontes de energia alternativas, incluindo a solar. O uso de sistemas fotovoltaicos em aplicações espaciais, como satélites, também se tornou comum durante esse período. Nos anos 1990, a diminuição dos custos de fabricação e a crescente conscientização sobre as mudanças climáticas impulsionaram a adoção de energia solar em áreas remotas e sistemas de geração distribuída (Pinto *et al.*, 2015).

A virada do século trouxe um rápido crescimento da indústria solar, com avanços contínuos na eficiência das células solares e uma maior capacidade de geração. A energia solar tornou-se uma parte central da discussão sobre sustentabilidade e segurança energética. Na década de 2010, os custos de instalação de painéis solares diminuíram significativamente, tornando a tecnologia mais acessível. A energia solar fotovoltaica experimentou um crescimento notável em todo o mundo, contribuindo para a diversificação das fontes de energia (Machado; Miranda, 2014).

As energias renováveis são aquelas cuja taxa de utilização é inferior à taxa de renovação. Elas fazem uso de recursos naturais considerados inesgotáveis devido à capacidade de regeneração, tais como energia geotérmica, energia das marés, energia solar, energia eólica, energia hidráulica e energia oceânica. Além disso, resíduos agrícolas, urbanos e industriais também são considerados fontes renováveis de energia (Monteiro, 2016).

## 2.1 Princípio de Funcionamento da Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é uma forma de geração de energia elétrica a partir da conversão direta da luz solar em eletricidade usando células fotovoltaicas. Essa tecnologia tem se destacado como uma alternativa sustentável e renovável às fontes de energia convencionais, devido aos seus benefícios ambientais e potencial de produção de energia limpa (Braga, 2018).



Figura 1. Exemplo de painel fotovoltaico

Fonte: Alves (2018)

De acordo com Alves (2018), uma variedade de materiais semicondutores é apropriada para a conversão fotovoltaica, destacando-se o silício cristalino e o silício amorfo hidrogenado, que são amplamente utilizados na prática. A energia solar fotovoltaica é considerada uma tecnologia promissora devido ao seu processo de geração sustentável, que não envolve a emissão de poluentes ou gases de efeito estufa.

A energia solar é derivada da radiação solar e pode ser aproveitada por meio de tecnologias que continuam a evoluir constantemente. Entre essas tecnologias, destacam-se o aquecimento solar, a energia solar fotovoltaica e a fotossíntese artificial. Essas abordagens podem ser classificadas como ativas ou passivas, exemplificadas pelo uso de painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos para captação ativa da energia solar. Abordagens passivas envolvem a seleção de materiais, como massas térmicas apropriadas ou características translúcidas, para facilitar a circulação natural da energia solar (Machado; Mirando, 2014).

As células fotovoltaicas são o coração da energia solar fotovoltaica. Essas células são feitas de materiais semicondutores, geralmente à base de silício, que têm a capacidade de gerar corrente elétrica quando expostos à luz solar. Quando fótons (partículas de luz) atingem a superfície da célula, eles liberam elétrons dos átomos do material semicondutor, criando uma corrente elétrica. Esse processo é conhecido como o efeito fotovoltaico e é a base para a geração de eletricidade a partir da luz solar (Borges, 2018).

As células fotovoltaicas são feitas de materiais semicondutores, geralmente à base de silício. Quando a luz solar incide sobre esses materiais, fótons (partículas de luz) colidem com os átomos do semicondutor, transferindo energia para os elétrons presentes nos átomos. A energia dos fótons absorvidos pelos átomos do material semicondutor permite que elétrons sejam liberados de seus níveis de energia normais. Esse processo cria pares de elétrons e lacunas, ou seja, áreas onde elétrons foram removidos (Reis, 2018).

As células fotovoltaicas são projetadas de maneira que os elétrons liberados pelas colisões com os fótons se movam em uma direção preferencial devido à configuração interna da célula. Essa movimentação de elétrons resulta em uma corrente elétrica. A maioria das células fotovoltaicas é construída com uma junção PN, onde uma camada do material é dopada (alterada quimicamente) para ter excesso de elétrons (tipo N) e a outra camada é dopada para ter lacunas (tipo P). Isso cria um campo elétrico interno que direciona os elétrons para fora da célula (Chuco, 2018).

Segundo Reis (2018), essa parcela da energia solar disponível para utilização é apenas uma fração mínima. O espectro de luz solar presente na superfície terrestre é composto principalmente pela gama visível e infravermelha, juntamente com uma pequena porção de radiação ultravioleta.

A absorção da energia solar ocorre na superfície terrestre, nos oceanos e na atmosfera, o que resulta no aumento da temperatura. O ar aquecido, carregando vapor d'água evaporado dos oceanos, induz a convecção e circulação atmosférica. Quando o ar atinge altitudes mais elevadas, resfria e o vapor d'água condensa, formando nuvens que posteriormente originam a precipitação sobre a superfície terrestre, completando o ciclo da água. O calor liberado durante a condensação da água contribui para a formação de ventos e ciclones (Silva, 2015).

De acordo com esse processo, é possibilitada a fotossíntese pelas plantas, que convertem a energia solar em energia química, oxigênio e outros compostos minerais. A energia solar absorvida pela atmosfera terrestre totaliza aproximadamente 3.890.00 EJ ao ano. Essa forma de energia é aplicável em maneiras, como evidenciado por (Aldabó, 2018).

A descoberta do efeito fotovoltaico é atribuída a Edmond Becquerel, em 1839, quando ele identificou o surgimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica, causada pela absorção de luz. Em 1876, foi desenvolvido o primeiro dispositivo fotovoltaico, resultado de estudos sobre a física do estado sólido. A produção industrial teve início somente em 1956, seguindo o crescimento do setor eletrônico (Machado, 2014).

A terminologia “fotovoltaica” deriva do grego “photos”, que significa luz, e “volta”, em homenagem ao físico italiano Edmond Becquerel. Ele notou que uma solução eletrolítica com eletrodos de metal demonstrava um aumento na condutividade ao ser exposta à radiação luminosa. Em 1873, Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade do selênio sólido. Em 1876, Adams e Day observaram que uma junção de selênio e platina manifestava o efeito fotovoltaico sob a luz solar (Cunha, 2018).

De acordo com Reis (2018), a partir do século XX, o avanço da tecnologia de semicondutores permitiu o crescimento da indústria fotovoltaica. Sua expansão no mercado global foi impulsionada pelo uso em aplicações aeroespaciais, militares e, posteriormente, na geração de eletricidade, tanto em sistemas distribuídos quanto em usinas de grande porte. Os módulos fotovoltaicos são compostos por células fotovoltaicas, como ilustrado na figura, e a conversão da radiação solar em energia elétrica é realizada por meio de semicondutores presentes nas células solares (Silva, 2015).

O processo de transformação de material semicondutor em uma célula fotovoltaica, conforme mencionado por Ambiente Brasil (2019), envolve uma etapa de purificação seguida por dopagem. A dopagem, realizada através da introdução controlada de elementos químicos como boro e fósforo, resulta na formação da junção p-n.

## 2.2 Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

O Brasil desfruta de alta radiação solar, especialmente na região Nordeste, como apontado por Braga (2018), o que lhe confere uma vantagem significativa em relação a outros países industrializados no aproveitamento da energia solar fotovoltaica. O país destaca-se na América do Sul pelo desenvolvimento de energias renováveis e, notavelmente, foi pioneiro na fabricação comercial de células fotovoltaicas a partir de silício monocristalino, indo além da simples montagem de painéis solares.

Uma parcela significativa dos sistemas fotovoltaicos no Brasil foi instalada por meio do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) em 1994. Apesar do impulso dado às fontes renováveis de energia, a energia fotovoltaica não recebeu a mesma atenção na legislação, sendo a hidroeletricidade e a biomassa as principais contribuintes para o suprimento de energia do país (Braga, 2018).

A geração de energia por células fotovoltaicas se tornou uma alternativa sustentável amplamente difundida, facilitando a adoção de painéis fotovoltaicos em residências, indústrias e comércios. A energia solar não está diretamente ligada à rede elétrica, o que a torna mais acessível aos consumidores em termos de custo. Apesar das preocupações com os custos iniciais dos painéis, autores consideram a energia solar a opção mais rentável para o futuro (Reis, 2018).

Reis (2018) explica que a geração de energia por células fotovoltaicas ocorre por meio de painéis fotovoltaicos, nos quais as células captam a radiação solar e a transformam em energia elétrica. Esse método é mais eficiente em comparação aos métodos tradicionais, que são mais lentos.

No Brasil, mais de 70% da energia é proveniente de hidrelétricas, mas a construção



dessas usinas causa impactos ambientais significativos. A emissão de gases do efeito estufa, a liberação de metano e os impactos nos ecossistemas aquáticos são questões problemáticas associadas às usinas hidrelétricas (Messenger; Ventre, 2018).

A energia solar é uma fonte de energia renovável, pois o sol é uma fonte praticamente inesgotável de radiação. Enquanto o sol continuar a brilhar, tem-se acesso a essa energia. Além disso, a geração de energia fotovoltaica não emite gases de efeito estufa, poluentes atmosféricos ou resíduos nocivos. Isso contribui diretamente para a redução do impacto ambiental e para a mitigação das mudanças climáticas (Pereira; Oliveira, 2018). A rentabilidade de um sistema solar fotovoltaico é determinada pela produtividade da instalação, área e exposição solar, além do custo inicial. Diversos fatores influenciam a rentabilidade, incluindo as condições de implantação dos painéis solares e sua qualidade (Pinto *et al.*, 2015).

A instalação de sistemas solares fotovoltaicos em residências, empresas e instalações industriais pode resultar em redução significativa nas contas de energia elétrica ao longo do tempo. Isso é especialmente valioso em um cenário de aumento contínuo dos preços da eletricidade (Maria; Coutinho; Gomes, 2018). A energia solar pode ser combinada com sistemas de armazenamento de energia, como baterias, para que o excesso de energia gerado durante o dia seja armazenado e utilizado à noite ou em momentos de pouca luz solar. Isso melhora a confiabilidade do sistema e permite maior independência da rede elétrica. Quanto às vantagens da energia solar, ela é limpa, tem custos decrescentes, é adequada para locais remotos e regiões tropicais, como o Brasil (Cooper; Martins Junior, 2018). Porém, sua desvantagem inclui o alto consumo energético na fabricação dos painéis e custos iniciais elevados em relação a outras fontes (Maria; Coutinho; Gomes, 2018).

A diversificação da matriz energética emerge como uma constante, impulsionada não apenas pelos recursos disponíveis, mas também pela vastidão territorial, fatores que propiciam amplas possibilidades e oportunidades para formas de obtenção de energia limpa e renovável. Tais premissas encontram respaldo na Resolução Normativa N° 482, datada de 17 de abril de 2012, que regulamenta a geração de energia por meio de placas solares fotovoltaicas (Aneel, 2018).

O sistema elétrico brasileiro, predominantemente hidrotérmico, é majoritariamente composto por usinas hidroelétricas, totalizando uma potência instalada de aproximadamente 160 GW, somando as contribuições das fontes de energia, conforme demonstrado no gráfico 3 baseado no BIG - Banco de Informações de Geração (Aneel, 2018).

De acordo com dados da ONS, em 2015, apenas 1,7% da demanda total de energia elétrica do país era suprida por sistemas isolados, localizados principalmente na região norte, caracterizados por sua distribuição equidistante (ONS, 2015). No que tange às perdas no SIN, estima-se em torno de 15%, com projeções de redução para 14% até o ano de 2050. Essas perdas são influenciadas por fatores como a distância das linhas de transmissão entre as usinas e os centros de consumo (ONS, 2015).

Diante da importância da sustentabilidade e do crescente aumento na demanda por energia elétrica, torna-se fundamental a diversificação das fontes energéticas no Brasil, priorizando aquelas de baixo impacto ambiental. As projeções do Ministério de Minas e Energia indicam um crescimento de cerca de 200% na demanda por eletricidade nas próximas três décadas, com base no consumo histórico (MME, 2016).

Em relação à energia fotovoltaica, dados do Ministério de Minas e Energia (MME, 2017) revelam que, no final de 2016, o Brasil possuía aproximadamente 81 MW instalados, representando 0,05% da matriz elétrica do país. Desse total, 24 MW correspondiam à geração centralizada, enquanto 57 MW eram provenientes da geração distribuída.



A relevância do considerável potencial de irradiação solar no Brasil, aliada às extensas reservas de quartzo, apresenta a perspectiva de vantagens competitivas significativas para a produção de silício com elevado grau de pureza, destinado à fabricação de células e módulos solares – produtos de alto valor agregado (EPE, 2018). Até o final de 2018, o Brasil contava com uma capacidade de geração de energia solar fotovoltaica de 1,4 GW, representando 0,83% da matriz elétrica nacional, com 442 MW atribuídos à geração solar fotovoltaica distribuída, segundo dados do BIG - Banco de Informações de Geração (Aneel, 2018).

A energia solar, uma fonte limpa, é destacada como uma solução para mitigar as alterações climáticas, pois não emite gases poluentes. Além disso, ela oferece benefícios significativos para a administração pública, gerando receita por meio da arrecadação de tributos e proporcionando oportunidades de emprego. Esse impacto positivo se deve à movimentação comercial e ao desenvolvimento de serviços associados à energia solar (Tolmasquim, 2016).

O Brasil, com sua vasta extensão territorial, elevada radiação solar e baixa eletrificação em áreas rurais, configura-se como um ambiente propício para a adoção dessas tecnologias. Em muitas regiões do país, consumidores de eletricidade em larga escala estão distantes das redes elétricas convencionais, tornando essencial a utilização dessa nova tecnologia (Furtado, 2018).

Para a população em regiões remotas, o custo da energia tradicional é considerado inacessível, devido aos altos custos, falta de infraestrutura e baixa rentabilidade. Nesse contexto, a opção pela energia solar fotovoltaica é vista como uma alternativa viável, de custo reduzido e maior acessibilidade. Isso possibilitaria, em pouco tempo, atender às necessidades energéticas dessa população que enfrenta dificuldades de acesso à energia (Domingos, 2014).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto brasileiro, o país se destaca pela alta radiação solar, especialmente na região Nordeste, conferindo-lhe uma vantagem significativa na adoção da energia solar fotovoltaica. Apesar de programas como o PRODEEM impulsionarem a instalação de sistemas fotovoltaicos, a legislação ainda favorece outras fontes de energia, como hidroeleticidade e biomassa.

A diversificação da matriz energética no Brasil é essencial, especialmente diante das projeções de aumento na demanda por eletricidade nas próximas décadas. A energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma solução promissora, não apenas pela redução de impactos ambientais, mas também pela sua capacidade de gerar empregos e receitas para a administração pública.

No entanto, é importante reconhecer que, apesar dos benefícios da energia solar, há desafios a serem enfrentados, como os custos iniciais elevados e o consumo energético na fabricação dos painéis. Estratégias para superar esses desafios devem ser consideradas para promover ainda mais a adoção dessa fonte de energia limpa.

Este artigo revisou a evolução histórica da eletricidade, destacou o papel crucial da energia solar fotovoltaica e examinou a situação dessa fonte de energia no Brasil. Os objetivos propostos foram alcançados ao abordar a relevância, os princípios de funcionamento e a situação brasileira da energia solar fotovoltaica. Como trabalhos futuros, sugere-se aprofundar as discussões sobre estratégias para redução de custos e consumo energético



na produção de painéis solares, bem como explorar maneiras de incentivar ainda mais a adoção dessa tecnologia no cenário nacional.

## Referências

- ALDABÓ, O. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber Editora, 2018.
- AMBIENTE BRASIL. **Histórico das Células Fotovoltaicas e a Evolução da Utilização de Energia Solar**. 2019.
- BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro, 2008.
- CHUCO, Braulio. **Otimização da potência de operação em sistema isolado fotovoltaico usando técnicas de inteligência artificial**. Dissertação; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2018.
- COOPER, Ellison; MARTINS JUNIOR, Wellyngton Moralles. **Aplicação de painéis solares fotovoltaicos como fonte geradora complementar de energia elétrica em residências**. 2018.
- DOMINGOS. **Energia fotovoltaica em edifício unifamiliar – análise custo benefício**. 2014. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade de Nova Lisboa.
- FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. Revista Liberato, v. 12, n. 17, p. 07-16, 2018. Acesso em 04 de ago. 2023.
- MACHADO, C.; MIRANDA, F. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão**. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2018.
- MARIA, Caroline; COUTINHO, Diego Barreto; GOMES, Vinicius Alves. **A utilização de painéis solares como forma de produzir energia limpa e renovável**. Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense, v. 1, 2018.
- MESSENGER, R.; VENTRE, J. *Photovoltaic Systems Engineering*. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- MME - Ministério de Minas e Energia. Demanda de Energia 2050. Nota Técnica DEA 13/15. Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2016. Ministério de Minas e Energia (MME). **Energia Solar no Brasil e Mundo** – ano de referência 2016. Brasília: MME, 2017.
- MONTEIRO, Ana David. **O Impacto das Energias Renováveis na Economia dos Países Emergentes: o caso de Cabo Verde**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2018.
- ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico - **Sistema de Transmissão Horizonte** – 2015. 2015.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2018.
- PINTO, Carlos et al. Energia Solar. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**, 2015.
- REIS, Lineu Bélico dos. **Geração de energia elétrica 2.ed. rev.** —Barueri, SP: Manole, 2018.
- SILVA, R. M. **Energia Solar: dos incentivos aos desafios**. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015.
- TOLMASQUIM, T. **Energia Renovável**. EPE: Rio de Janeiro, 2016.
- WORUBY, Mauro. **Sistema de energia solar residencial**. Ponta Grossa, 2018.



# 18

## O POTENCIAL DA ENERGIA EÓLICA NO NORDESTE BRASILEIRO THE POTENTIAL OF WIND ENERGY IN THE BRAZILIAN NORTHEAST

Jorge Henrique da Rocha Filho  
Caroline Gomes Araujo Garreto  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

## Resumo

O Brasil se destaca como um polo de grande potencial para o desenvolvimento de energias renováveis, graças à sua abundância de recursos naturais, como sol, vento e biomassa. Neste estudo, abordamos a temática das energias renováveis nessa região, explorando os desafios e oportunidades associados à sua implementação eficaz. Utilizando uma abordagem qualitativa descritiva, através de revisão de literatura, analisamos artigos, livros e monografias publicados em diversas bases de dados. Os resultados enfatizam a importância da energia eólica como uma opção crucial para diversificar a matriz energética, promover a sustentabilidade e reduzir os impactos ambientais. Apesar do vasto potencial, a efetiva implantação das energias renováveis no Nordeste enfrenta obstáculos como infraestrutura, investimentos e políticas públicas. No entanto, estratégias eficazes podem ser adotadas para superar esses desafios e aproveitar os benefícios decorrentes desse setor em ascensão. A pesquisa contribui para uma compreensão mais aprofundada dos desafios e oportunidades das energias renováveis no Nordeste brasileiro, destacando a importância de investimentos e políticas que incentivem o seu desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Energias Renováveis, Nordeste Brasileiro, Sustentável.

## Abstract

Brazil stands out as a hub with great potential for the development of renewable energy, thanks to its abundance of natural resources, such as sun, wind and biomass. In this study, we address the topic of renewable energy in this region, exploring the challenges and opportunities associated with its effective implementation. Using a descriptive qualitative approach, through a literature review, we analyzed articles, books and monographs published in several databases. The results emphasize the importance of wind energy as a crucial option to diversify the energy matrix, promote sustainability and reduce environmental impacts. Despite the vast potential, the effective implementation of renewable energy in the Northeast faces obstacles such as infrastructure, investments, and public policies. However, effective strategies can be adopted to overcome these challenges and harness the benefits arising from this growing sector. The research contributes to a deeper understanding of the challenges and opportunities of renewable energy in the Brazilian Northeast, highlighting the importance of investments and policies that encourage its sustainable development.

**Keywords:** Renewable Energy, Northeastern Brazil, Sustainable

## 1. INTRODUÇÃO

A região Nordeste do Brasil é reconhecida como um polo de grande potencial para o desenvolvimento de energias renováveis. Com uma abundância de recursos naturais, como sol, vento e biomassa, a região se destaca como um importante centro para a produção de energia limpa e sustentável. No entanto, apesar das vastas oportunidades que se apresentam, também existem desafios significativos a serem enfrentados no caminho para a plena utilização desses recursos (Melo, 2019).

O presente trabalho aborda a temática das energias renováveis no Nordeste brasileiro, um assunto de extrema relevância tanto em nível regional quanto global. A região Nordeste é reconhecida como uma das mais promissoras quando se trata da geração de energia limpa, graças à sua abundância de recursos naturais, como sol, vento e biomassa. Esse contexto favorável tem despertado interesse crescente no desenvolvimento de projetos de energias renováveis na região, com potencial não apenas para impulsionar a economia local, mas também para contribuir significativamente para a mitigação dos impactos ambientais associados à produção de energia convencional (Gomes, 2016).

No entanto, apesar do vasto potencial, a efetiva implantação e utilização das energias renováveis no Nordeste enfrentam diversos desafios que precisam ser enfrentados. Questões relacionadas à infraestrutura, investimentos, políticas públicas e aspectos socioeconômicos representam obstáculos significativos que podem comprometer o pleno aproveitamento desse potencial. Diante desse cenário, torna-se crucial compreender de forma mais aprofundada os desafios e as oportunidades associados às energias renováveis no Nordeste, bem como identificar estratégias eficazes para superar os obstáculos e entender os benefícios decorrentes desse setor em ascensão (Cunha *et al.*, 2019).

Diante da necessidade crescente de transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, especialmente na região Nordeste do Brasil, que apresenta um grande potencial para o desenvolvimento das energias renováveis, surgem diversos desafios que podem dificultar sua implementação eficaz. Diante disso, surge a pergunta: Quais são os principais desafios enfrentados na implementação de energias renováveis na região Nordeste do Brasil?

O objetivo geral desta pesquisa foi estudar os principais desafios e oportunidades relacionados às energias renováveis no Nordeste brasileiro. Para alcançar esse propósito, foram delineados dois objetivos específicos. O primeiro consistiu em revisar o conceito de energias renováveis. O segundo objetivo foi entender a trajetória da capacidade de produção da energia eólica na região Nordeste do Brasil.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

Durante a pesquisa, foram encontrados 85 resultados relevantes nas bases de dados consultadas. Foi adotada uma abordagem qualitativa descritiva por meio de uma revisão de literatura. Essa metodologia permitiu sintetizar informações já disponíveis e chegar a conclusões sobre o tema proposto. A pesquisa envolveu a análise de artigos, livros e monografias encontrados em bases de dados como Google Acadêmico, Scielo, Lilacs, e em bancos de teses e dissertações de universidades brasileiras.





Durante a pesquisa, foi realizada uma leitura analítica para que as teorias levantadas conduzissem à resposta do problema de pesquisa proposto. Além disso, foram consultados livros de autores renomados na área de energia renovável, como Rodrigues (2011), Silva (2015), Gomes e Henkes (2014), entre outros, para enriquecer e fundamentar a análise.

## 2.2 Resultados e Discussão

Conforme analisado por Rodrigues (2011), o aumento histórico das concentrações dos gases de efeito estufa na atmosfera foi grandemente impulsionado pela geração e utilização de energia. A crise desencadeada pelo choque do petróleo obrigou diversos países, incluindo o Brasil, a buscar alternativas capazes de substituir os combustíveis fósseis. Esse esforço não apenas representou uma solução para desafios tecnológicos e econômicos, mas também conduziu a uma reestruturação inovadora.

No contexto da crise energética no Brasil, surge uma imperativa necessidade de enfatizar os investimentos em fontes de energia renovável. A energia eólica se apresenta como uma opção crucial para a diversificação da matriz energética, desempenhando um papel fundamental na promoção da sustentabilidade. Ao reduzir significativamente os impactos ambientais, essa alternativa não somente contribui para preservar o ecossistema, mas também satisfaz a crescente demanda por energia e se harmoniza com a dinâmica da economia local (Gomes; Henkes, 2014).

A energia potencial elétrica possui um papel importante e é empregada no cotidiano humano, embora sua produção envolva processos que, dependendo da abordagem adotada, podem causar danos ambientais. Esse é o caso da geração de energia elétrica por meio da queima de combustíveis fósseis. A conversão de energia térmica em eletricidade, que muitas vezes envolve a queima de combustíveis, resulta na emissão de dióxido de carbono, contribuindo para o aquecimento global, apesar de ser uma opção frequentemente utilizada em momentos de crise energética (Gomes; Henkes, 2014).

A categorização da energia como renovável ou não renovável baseia-se na capacidade da fonte primária de se regenerar ou recuperar, determinando se é esgotável ou não. Exemplos de fontes renováveis incluem o sol, o vento, a água, a biomassa, as ondas, as marés e a energia geotérmica. Já as fontes não renováveis compreendem o petróleo, o gás natural, o carvão mineral e os combustíveis nucleares (Gannoum, 2014).

Devido à esgotabilidade das fontes de energia não renováveis, têm-se buscado cada vez mais alternativas provenientes de fontes renováveis. No contexto brasileiro, a energia não renovável predomina, sendo exemplificada pela energia nuclear, o petróleo, o gás natural e o carvão (Rodrigues, 2011).

A energia renovável se fundamenta em fontes de recursos energéticos que podem ser rapidamente estabelecidas e são consideradas inesgotáveis. Essas fontes, também referidas como energia limpa, se apresentam como uma alternativa com o propósito de se tornarem o modelo energético predominante no mundo. No entanto, as fontes alternativas de energia ainda não são amplamente utilizadas, devido às suas vantagens e desvantagens (Gomes; Henkes, 2014).

A transição gradual para um modelo energético diferente é imperativa devido à constante emissão de gases poluentes resultantes da queima de combustíveis fósseis na produção de energia. Segundo a Agência Internacional de Energia, as reservas de petróleo podem se esgotar nos próximos 75 anos, as de gás em cerca de 100 anos, e as de carvão mineral em aproximadamente 200 anos (Silva, 2015).

A temática energética figura como um dos maiores desafios contemporâneos. A exploração energética ainda não atingiu níveis satisfatórios, uma vez que a maior parte da energia consumida no mundo provém de fontes não renováveis, incluindo fontes minerais, nucleares e térmicas. É possível utilizar a energia de forma mais responsável e econômica por meio de fontes renováveis, como a hidroelétrica, eólica, solar, das marés, geotérmica, entre outras (Melo, 2019).

Diante da escassez de combustíveis fósseis, alternativas que empregam tecnologias energéticas mais sustentáveis, com uso de fontes naturais inesgotáveis, emergem como soluções para os problemas ambientais. É essencial que essas fontes sejam exploradas de maneira cuidadosa, de modo a não causar danos ao meio ambiente durante sua extração (Rodrigues, 2016).

Fontes de energia renovável, como solar, biodiesel, marés e eólica, embora estejam sendo adotadas com progresso gradual em comparação às fontes não renováveis, são alternativas que podem suprir a demanda energética sem prejudicar o meio ambiente em sua produção (Gannoum *et al.*, 2014). O uso de energias renováveis representa uma opção sustentável para regiões com grande demanda energética.

Diversos países têm investido em tecnologias para aproveitar essas fontes, também conhecidas como energia limpa, enquanto buscam reduzir os custos de produção. A energia eólica, por exemplo, é uma fonte limpa de energia empregada em muitas partes do mundo. No Brasil, a promoção de energias limpas visa tanto questões ambientais quanto a diversificação das fontes de energia elétrica. O país se destaca como produtor significativo de energia eólica, beneficiando-se de apoio governamental nesse sentido (Silva, 2015).

A história da energia eólica no Brasil teve início na década de 1980 com o Projeto Debra (acrônimo formado pelas iniciais de Deutschland e Brasil), uma parceria entre os governos brasileiro e alemão, através do Centro Aeroespacial da Alemanha DEVL. Esse projeto foi impulsionado por estudos realizados pelo Centro de Tecnologia Aeroespacial, que identificou o potencial eólico para a geração de energia elétrica no Nordeste brasileiro (Pinto, 2013).

A primeira turbina eólica do Brasil foi instalada em julho de 1992, na ilha de Fernando de Noronha, representando até 10% da energia gerada na ilha naquela época. Posteriormente, o Governo Federal instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), em 2002, com o propósito de promover o uso de fontes renováveis. Inicialmente, o programa visava gerar mais de 3.000 MW de energia elétrica a partir dessas fontes, contribuindo para diversificar a matriz energética brasileira (Ramos, 2016).

De acordo com informações da ANEEL (2018), a capacidade mundial de energia eólica aumentou impressionantes 1.155% entre 1997 e 2007, passando de 7,5 mil para 93,8 mil MW. O ano de 2007 se destacou como um período extremamente ativo na produção de energia a partir do vento, com a tendência se mantendo em 2008. Dados de Silva (2015) indicam que há cerca de 30.000 turbinas eólicas de grande porte em operação no mundo, com capacidade total de 13.500 MW/h.

No Brasil, a exploração de recursos eólicos era tradicionalmente focada no uso de cata-ventos para o bombeamento de água. No entanto, diversos estudos apontam um potencial não explorado para geração de energia elétrica em diferentes regiões do país. A participação da energia eólica na matriz energética brasileira teve início em 2009, representando apenas 0,2%. Em 2017, esse número cresceu mais de 30 vezes, atingindo uma participação de 6,8%, equivalente a um crescimento médio anual de pouco mais de 55% (Oliveira; Ferreira, 2019).



O termo “eólico” tem origem no latim “aeolicus”, referente a Éolo, o deus dos ventos na mitologia grega, e está relacionado ao vento. No entanto, o vento é causado pelo deslocamento de massas de ar, sendo essencialmente ar em movimento (Araújo, 2020).

O vento surge das discrepâncias na pressão atmosférica entre distintas áreas e é influenciado por fatores locais, como a topografia da região e a rugosidade do solo. Tais disparidades de pressão têm origem térmica e estão ligadas à radiação solar, assim como aos processos de aquecimento das massas de ar. Elas emergem de influências naturais, incluindo fatores como continentalidade, maritimidade, latitude e altitude (Feitosa *et al.*, 2014).

De acordo com Araújo (2020), a energia eólica é obtida pela conversão da energia cinética de uma massa de ar em movimento em energia mecânica. Esse processo ocorre ao fazer as pás de uma turbina eólica girarem em torno de um eixo, que, por meio de um gerador elétrico, transforma essa energia mecânica em energia elétrica.

A energia eólica deriva do movimento das massas de ar, sendo conhecida como energia cinética ou, simplesmente, energia do vento. Ela é aproveitada por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação em partes móveis, como as turbinas eólicas ou os geradores aerogeradores. Essa conversão resulta na produção de energia elétrica. Em algumas atividades mecânicas, como o bombeamento de água em fazendas, dispositivos como cata-ventos e moinhos são utilizados para captar o vento (Feitosa *et al.*, 2014).

Conforme citado por Gomes (2016), a energia proveniente da força dos ventos, conhecida como energia eólica, é caracterizada como uma forma limpa e renovável de energia. Sua fonte não apresenta impactos prejudiciais ao meio ambiente, tornando-a uma das fontes de energia mais ambientalmente amigáveis e adequadas para implementação global.

A geração de energia eólica se baseia na conversão do movimento das massas de ar em eletricidade, através da utilização de hélices acopladas a geradores. Essas hélices, projetadas com princípios aerodinâmicos semelhantes aos das asas de aviões, visam maximizar a captura da energia cinética do vento para alimentar o sistema (Gomes, 2016).

No contexto brasileiro, o investimento em energia eólica tem experimentado um crescimento significativo ao longo dos anos, contribuindo com aproximadamente 9,7% da produção total de energia em 2019. No âmbito da crise energética do país, a energia eólica apresenta vantagens notáveis, impulsionando o desenvolvimento de tecnologias para parques eólicos. A projeção para 2022 indica uma capacidade instalada de 17,6 GW (Oliveira; Ferreira, 2019).

A região Nordeste do Brasil tem se destacado como líder na produção de energia eólica, representando cerca de 89% da energia gerada na região em 2019, com uma produção diária de 8.650 MW. Esses números refletem o mais alto índice de fornecimento de energia proveniente do vento, estabelecendo-a como um exemplo notável (Souza *et al.*, 2020).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (2024), o Nordeste brasileiro abriga a maioria dos parques eólicos do país, contando com aproximadamente 602 parques eólicos e 7.500 aerogeradores em 12 estados. O Sul do Brasil possui 95 parques eólicos, enquanto um parque está localizado no Rio de Janeiro (Souza *et al.*, 2020).

No território brasileiro, o estado que se destaca como o principal produtor de energia eólica é o Rio Grande do Norte, que, conforme levantamento de dados, possuía em 2019 cerca de 151 parques eólicos com uma capacidade total de 4 GW. A Bahia acompanha essa liderança com 154 parques eólicos e capacidade de 3,9 GW, seguida pelo Ceará com 79

parques e capacidade de 2 GW (Ramos, 2016).

Segundo Oliveira e Ferreira (2019), a energia eólica é considerada uma fonte de energia limpa, destacando-se por sua abundância e origem renovável. Uma de suas vantagens ambientais significativas é a ausência de poluentes nocivos ao meio ambiente, uma vez que não depende da queima de combustíveis fósseis, principais emissores de poluentes como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), responsável pelo aquecimento global e danos à camada de ozônio.

### 2.2.1 A geração de energia eólica no Brasil, com ênfase na região Nordeste

O Brasil se destaca como um país com um enorme potencial para fontes de energia limpa, graças à sua abundância de recursos naturais. Isso o posiciona como uma potência significativa para a implementação de usinas eólicas, especialmente na região nordeste (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

A energia eólica é obtida através da captação da energia cinética presente nos ventos, que são massas de ar em movimento. Para sua produção, são empregadas turbinas eólicas, também conhecidas como aerogeradores. Estes dispositivos são responsáveis por converter a energia cinética dos ventos em energia elétrica (Oliveira; Ferreira, 2019).

Além do potencial para as usinas eólicas, o Brasil também apresenta vantagens geográficas e climáticas que favorecem o aproveitamento dessa forma de energia. Com vastas áreas de terras planas e uma extensa costa litorânea, o país oferece locais ideais para a instalação de parques eólicos. Essas condições privilegiadas possibilitam a captação de ventos constantes e de alta velocidade, fundamentais para a eficiência na geração de energia (Cunha *et al.*, 2019).

Outro aspecto relevante é a contribuição da energia eólica para a diversificação da matriz energética brasileira. A dependência histórica de fontes não renováveis, como o petróleo e o carvão, tem sido um desafio para o país no que diz respeito à segurança energética e à mitigação dos impactos ambientais. Nesse contexto, a expansão da energia eólica representa um avanço significativo rumo a uma matriz mais sustentável e resiliente (Feitosa *et al.*, 2014).

Diante desses aspectos, a energia eólica desponta como uma alternativa promissora para o Brasil, alinhada aos compromissos internacionais de redução de emissões de gases de efeito estufa e de promoção do desenvolvimento sustentável. Investimentos contínuos nesse setor são essenciais para aproveitar plenamente o potencial eólico do país e consolidar sua posição como uma referência global em energias renováveis (Oliveira; Ferreira, 2019).

Na figura 1, são destacados os principais componentes que compõem um aerogerador de eixo horizontal, responsável por converter a energia cinética do vento em energia mecânica e, por fim, em energia elétrica.





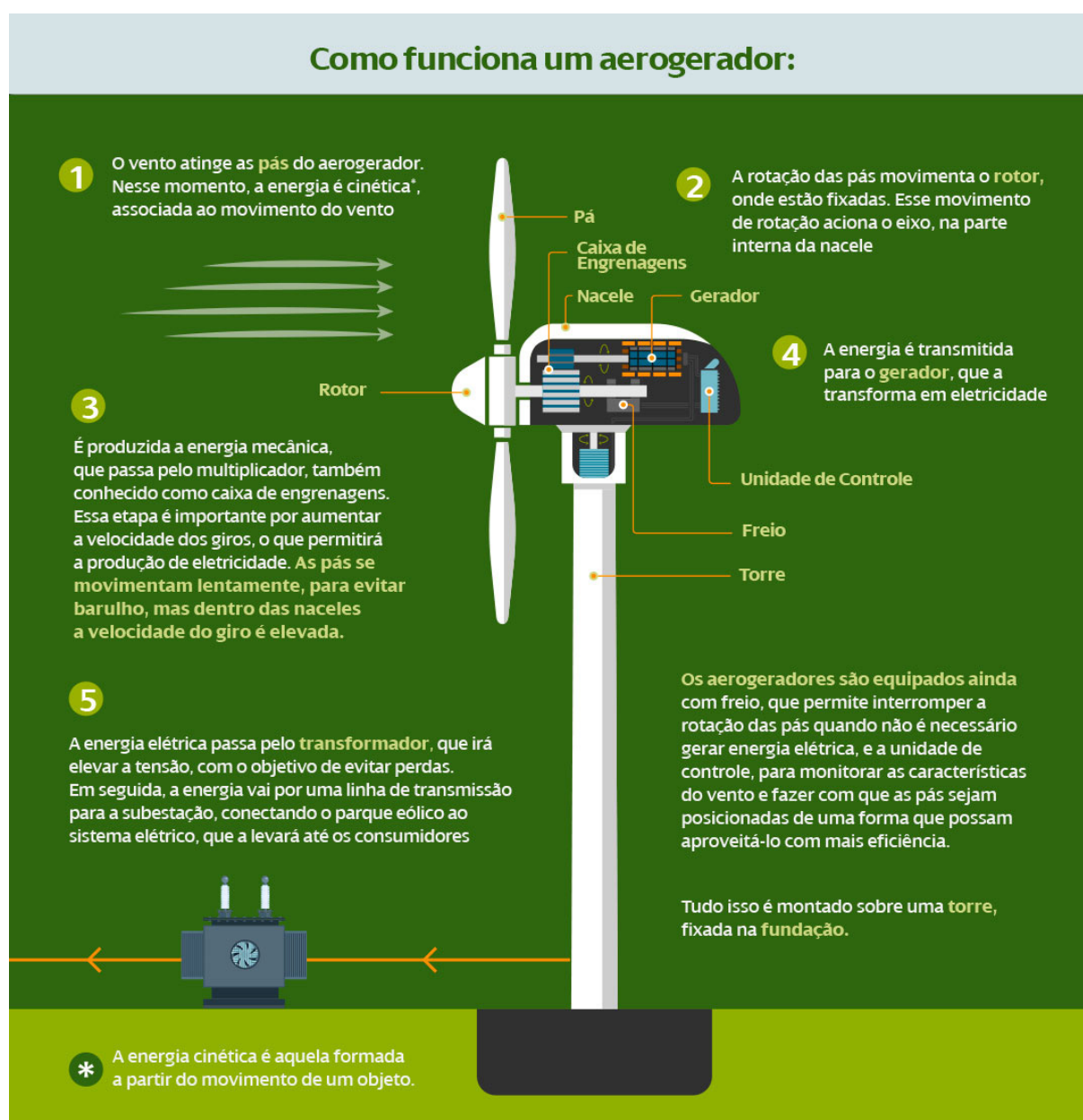


Figura 1. Funcionamento do aerogerador

Fonte: Neoenergia (2024)

As pás desempenham o papel crucial de captar o vento e converter sua energia em movimento rotacional do rotor. O rotor, por sua vez, é responsável por fixar as pás e gerar o movimento rotacional que é transferido para o eixo de baixa velocidade. A torre é essencial para sustentar o rotor a uma altura ideal, garantindo um melhor aproveitamento do vento. A nacele, localizada no topo da torre, abriga componentes vitais, como o gerador, os chasis, o sistema de yaw, a caixa multiplicadora e o sistema de controle eletrônico (Neoenergia, 2024).

A caixa multiplicadora, também conhecida como Gearbox, desempenha o papel crucial de transformar as rotações das pás em uma rotação adequada para o eixo de alta velocidade, garantindo uma eficiente transmissão de energia. O gerador converte toda a energia mecânica produzida pelo aerogerador em energia elétrica utilizável. Além desses componentes principais, o anemômetro é utilizado para medir a direção, intensidade e velocidade do vento, fornecendo dados importantes para o controle e otimização do sistema (Neoenergia, 2024).



No Brasil, os modelos mais comumente utilizados de aerogeradores para a captação de vento são os de eixo horizontal. Entre estes, destacam-se os equipados com rotores de três pás, os quais são capazes de captar uma quantidade significativa de vento, resultando em uma geração de energia mais eficiente. Além disso, também são encontrados aerogeradores com rotores de duas pás e de uma pá. Vale ressaltar que os rotores mais populares são os de três pás, seguidos pelos de duas pás (Sampaio; Batista, 2021).

No Brasil, a opção offshore não é tão amplamente adotada, pois a diferença de eficiência em relação às turbinas onshore não é significativa o suficiente. Especialmente na região Nordeste, que é a principal produtora de energia eólica onshore no país, as turbinas alcançam até 60% de sua capacidade total. Isso se deve ao excelente potencial de ventos nessa localidade (Sampaio; Batista, 2021).

Existem dois tipos principais de sistemas de geração de energia: os isolados e os conectados à rede elétrica nacional. Os sistemas isolados são utilizados para suprir energia a uma localidade específica ou demanda isolada, sem conexão com a rede elétrica principal. Já os sistemas conectados à rede são projetados para integrar-se à rede de distribuição nacional, permitindo que a energia gerada seja utilizada por diversas regiões distantes (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

O Rio Grande do Norte é o maior produtor de energia eólica do país, com uma capacidade de produção de cerca de 5 mil MW, seguido pela Bahia, que ultrapassa os 4 mil MW. No Brasil, os períodos mais propícios para a geração de energia eólica são de junho a dezembro, quando os ventos são mais fortes e intensos. Estima-se que até o ano de 2025, a produção de energia eólica represente cerca de 13,5% de toda a energia elétrica gerada no país. Um exemplo de parque eólico localizado no Rio Grande do Norte é apresentado na Figura 2.



Figura 2. Parque eólico Rio Grande do Norte

Fonte: Neoenergia (2022)

A geração de energia eólica no Brasil, especialmente na região Nordeste, é um tema de grande relevância e interesse tanto no âmbito acadêmico quanto no setor energético. A região Nordeste do Brasil é conhecida por sua abundância de recursos eólicos, o que a torna uma área estratégica para o desenvolvimento da energia eólica. Neste contexto, diversos estudos e pesquisas têm sido conduzidos para compreender os desafios, oportunidades e impactos dessa fonte de energia renovável (Borges *et al.*, 2017).

O impacto visual é uma barreira significativa para a aprovação de projetos eólicos.

Avanços tecnológicos permitiram a integração estética dos parques eólicos ao ambiente circundante, suavizando a paisagem. Turbinas com três pás se movem mais lentamente do que aquelas com duas, reduzindo tanto os impactos visuais quanto sonoros. Isso resalta a importância da consideração cuidadosa desses fatores na construção de parques eólicos (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

A energia eólica poderia complementar o regime pluvial do país, especialmente em períodos de crise hídrica, aumentando a geração de energia durante ventos intensos. Ele também destaca que a conscientização pública favorecerá o futuro promissor da energia eólica, tornando-a uma opção mais competitiva no mercado à medida que os custos diminuem ao longo do tempo (Borges *et al.*, 2017).

De acordo com Cunha *et al.* (2019) em 2019, a região Nordeste do Brasil possuía uma capacidade de energia eólica de aproximadamente 500 gigawatts, o que é suficiente para suprir três vezes a demanda energética de todo o país. A geração de energia eólica no Nordeste superava a produção proveniente de hidrelétricas, gás natural e combustíveis fósseis.

No ranking das fontes de energia produzidas no Brasil em 2019, a energia eólica ocupava a quarta posição. No entanto, o Nordeste sozinho contribuía com cerca de 85% de toda a energia eólica gerada no país. Dos 534 parques de geração de energia eólica, 430 estavam localizados na região Nordeste (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

Dentre os estados nordestinos, o Rio Grande do Norte liderava em número de parques eólicos, com 137 dos 430 totais. A Bahia ocupava a segunda posição, com 111 parques, seguida pelo Ceará, com 80 parques. O Piauí também se destacava como um importante produtor de energia eólica e outras energias limpas (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

A produção de energia eólica no Nordeste brasileiro era favorecida por fatores como tecnologias de construção avançadas e previsões meteorológicas precisas. Devido à sua competitividade, a região Nordeste atraía investimentos significativos para a geração de energia eólica (Melo, 2019).

A região Nordeste aproveitava sua localização estratégica, onde pontos com ventos fortes eram abundantes. A capacidade de geração de energia eólica na região superava outras partes do país devido às velocidades dos ventos mais elevadas, resultando em maior fator de capacidade, inclusive comparável aos parques eólicos da Europa (Gomes; Henkes, 2014).

A geração de energia eólica dependia da presença de ventos estáveis com intensidade, velocidade e direção consistentes. Tanto a região Sul quanto o Nordeste do Brasil apresentavam condições propícias para a produção de energia eólica devido à disponibilidade desses tipos de ventos (Ribeiro; Pierot; Corrêa, 2012).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre energias renováveis no Nordeste brasileiro revelou uma região de vasto potencial, impulsionada por recursos naturais abundantes, como sol, vento e biomassa. Embora haja um crescente interesse em projetos de energia limpa na região, diversos desafios obstaculizam sua plena implementação. Questões relacionadas à infraestrutura, investimentos, políticas públicas e aspectos socioeconômicos emergem como obstáculos significativos. Esses desafios exigem uma compreensão aprofundada e a identificação de estratégias eficazes para garantir o pleno aproveitamento desse potencial.

A análise dos resultados revela a importância da energia eólica como uma alternativa crucial para diversificar a matriz energética, promovendo a sustentabilidade e reduzindo os impactos ambientais. No entanto, apesar do avanço nesse setor, a predominância das fontes não renováveis ainda é uma realidade no Brasil, destacando a necessidade de transição para um modelo energético mais limpo e sustentável.

A história da energia eólica no Brasil remonta às décadas passadas, com marcos como o Projeto Debra e o Programa PROINFA, que impulsionaram a exploração desse recurso na região Nordeste. Apesar do crescimento expressivo da capacidade de geração eólica, ainda há um potencial não explorado, indicando oportunidades futuras para o desenvolvimento desse setor.

Conclui-se, portanto, que embora os desafios sejam significativos, as energias renováveis representam uma solução viável e necessária para a região Nordeste do Brasil. A implementação eficaz dessas fontes requer um esforço conjunto envolvendo investimentos, políticas adequadas e o engajamento de diversos atores, visando não apenas o crescimento econômico, mas também a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável da região.

## Referências

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3ª ed. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acesso em: 10 maio 2024.

ARAÚJO, Ana Beatriz Lima de. **Análise modal de aerogeradores onshore com torres em aço utilizando software de modelagem computacional**. 2021. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40528>. Acesso em: 10 maio 2024.

BERNARDY, A. **Análise da matriz elétrica brasileira: Histórico e tendências**. 2018. 53 fls. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Universidade Federal De Santa Catarina, Araranguá, 2018.

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. Energias Renováveis: Uma Contextualização Da Biomassa Como Fonte De Energia. Rede - **Revista Eletrônica Do Prodem**a, Fortaleza, v. 10, n. 2, mar. 2017. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/239>. Acesso em: 11 maio 2024.

CUNHA, Eduardo Argou Aires et al. Aspectos históricos da energia eólica no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 4, p. 689-697, 2019. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/328077813.pdf>. Acesso em: 10 maio 2024.

FEITOSA, E. de O. et al. **Energia eólica como alternativa energética para convivência no semiárido do perímetro irrigado de Russas, Brasil**. 2014. Disponível em: [http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/202/pdf\\_174](http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/202/pdf_174). Acesso em: 10 maio 2024.

GANNOUM, Elbia Silva et al. **O Desenvolvimento da Indústria de Energia Eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade.** Cadernos Adenauer XV, n. 3, p. 57-72, 2014.

GOMES, L. E. B.; HENKES, J. A. **Análise da energia eólica no cenário elétrico:** aspectos gerais e indicadores de viabilidade econômica. Estudo de caso – Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul), Florianópolis. 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/50312>. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/rber.v6i4.50312>. Acesso em: 10 maio 2024.

GOMES, Rafael de Moura. **Desenvolvimento da energia eólica no Ceará, no Brasil e no mundo: uma solução energética viável**. 2016. 59 f. TCC (graduação em Ciências Econômicas) - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Fortaleza/CE, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/35461>. Acesso em: 10 maio 2024.

MELO, Carla Simone Costa. **Energia eólica e as organizações: estudo sobre a governança Corporativa aplicada na abeeólica**. 2019.

NEOENERGIA. **Energia eólica:** ventos do Nordeste. Disponível em: [https://www.neoenergia.com/w/energia-eolica-ventos-do-nordeste?p\\_l\\_back\\_url=%2Fes%2Fsearch%3Fp\\_l\\_back\\_url%3D%252Fes%252Fsearch%](https://www.neoenergia.com/w/energia-eolica-ventos-do-nordeste?p_l_back_url=%2Fes%2Fsearch%3Fp_l_back_url%3D%252Fes%252Fsearch%)

253Fdelta%253D20%2526start%253D45%26delta%3D4%26start%3D14. Acesso em: 3 mar. 2024.

OLIVEIRA, Herbert Emmanuel Lima de; FERREIRA, José Gomes. **Energia eólica**: Entre o dilema do desenvolvimento regional e o conflito socioambiental. Encontro Nacional dos Estudantes de Turismo Anais, p. 1-18, 2019.

PINTO, M. **Fundamentos de Energia Eólica**. 1º. ed. [S. l.]: LTC, 2013. 392 p.

RAMOS, Hadrian Maduro. **Microgeração de eletricidade com energia eólica**. 2016. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Disponível: <http://hdl.handle.net/11449/155262>. Acesso em: 10 maio 2024.

RIBEIRO, H. C. M.; PIEROT, R. M.; CORRÊA, R. **Projeto De Mecanismo De Desenvolvimento Limpo**: Um Estudo De Caso Na Empresa De Energia Eólica Do Estado Do Piauí. REUNIR Revista de Administração Contabilidade e Sustentabilidade, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 61-75, 2012. DOI: 10.18696/reunir.v2i2.61. Disponível em: <https://reunir.revistas.ufcg.edu.br/index.php/uacc/article/view/61>. Acesso em: 12 maio 2024.

RODRIGUES, Paulo Roberto. **Energias renováveis**: energia eólica. Santa Catarina, 2011.

SAMPAIO, KRA.; BATISTA, V. **O cenário atual da produção de energia eólica no Brasil**: uma revisão de literatura. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, [S. l.] , v. 1, pág. e57710112107, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.12107. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/12107>. Acesso em: 10 maio 2024.

SILVA, Felipe Fernandes de. **Potencial eólico do Nordeste Brasileiro**. 2015. 80f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande – Paraíba - Brasil, 2015. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18511>. Acesso em: 10 maio 2024.

SOUZA NETA, L. F. de; ALVES, M. C.; BATISTA, A. S.; FEITOSA, H. de O.; SANTOS, A. C. S. dos; PEREIRA, J. da S. **Potencial De Energia Eólica Para A Irrigação No Município De Serrinha-Ba**. Cadernos Macambira, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 50–52, 2020. Disponível em: <https://www.revista.lapprudes.net/index.php/CM/article/view/297>. Acesso em: 10 maio 2024.



# 19

ESTUDO SOBRE A CONTENÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS EM  
TRECHOS DE VAZÃO REDUZIDA EM USINAS HIDRELÉTRICAS  
STUDY ON THE CONTAINMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACTS  
IN REDUCED FLOW SECTIONS IN HYDROELECTRIC PLANTS

Leomir Rios de Abreu Filho



## Resumo

O estudo aborda os impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas, reconhecendo a importância da preservação dos ecossistemas aquáticos diante da crescente demanda por energia. Utilizando uma abordagem qualitativa descritiva, por meio de revisão de literatura, destacou-se a predominância da geração hidrelétrica na matriz energética brasileira, embora enfrentando desafios de infraestrutura e distribuição. A metodologia empregada foi a revisão de literatura, baseada em artigos, livros e monografias disponíveis em diversas fontes acadêmicas. A análise foi realizada de forma analítica, buscando compreender os impactos ambientais e as medidas adotadas para mitigá-los em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas. O objetivo principal foi compreender como os impactos ambientais podem ser mitigados nesses trechos, considerando as características específicas do contexto brasileiro. Além disso, objetivou-se debater as medidas adotadas recentemente no país para minimizar tais impactos e identificar as principais dificuldades enfrentadas nesse processo. Justifica-se a relevância do estudo pela crescente demanda por energia e pela necessidade urgente de entender e mitigar os impactos ambientais associados à operação das usinas hidrelétricas. O Brasil, como um dos maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo, apresenta um contexto particularmente significativo para esse debate. Ao destacar a importância da preservação dos ecossistemas aquáticos e propor medidas para minimizar os impactos ambientais, a pesquisa contribui para ampliar o entendimento sobre os efeitos das usinas hidrelétricas no meio ambiente.

**Palavras-chave:** Impactos ambientais, Trechos de vazão, Usinas hidrelétricas.

## Abstract

The study addresses the environmental impacts in sections of reduced flow in hydroelectric plants, recognizing the importance of preserving aquatic ecosystems in the face of growing demand for energy. Using a qualitative descriptive approach, through a literature review, the predominance of hydroelectric generation in the Brazilian energy matrix was highlighted, despite facing infrastructure and distribution challenges. The methodology used was a literature review, based on articles, books and monographs available in various academic sources. The analysis was carried out analytically, seeking to understand the environmental impacts and the measures adopted to mitigate them in sections with reduced flow in hydroelectric plants. The main objective was to understand how environmental impacts can be mitigated in these stretches, considering the specific characteristics of the Brazilian context. Furthermore, the aim was to debate the measures recently adopted in the country to minimize such impacts and identify the main difficulties faced in this process. The relevance of the study is justified by the growing demand for energy and the urgent need to understand and mitigate the environmental impacts associated with the operation of hydroelectric plants. Brazil, as one of the largest producers of hydroelectric energy in the world, presents a particularly significant context for this debate. By highlighting the importance of preserving aquatic ecosystems and proposing measures to minimize environmental impacts, the research contributes to expanding understanding of the effects of hydroelectric plants on the environment.

**Keywords:** Article, Standards, Formatting

## 1. INTRODUÇÃO

As usinas hidrelétricas desempenham um papel fundamental na geração de energia elétrica em várias partes do mundo, fornecendo uma fonte de energia renovável e sustentável. No entanto, apesar dos benefícios inegáveis que oferecem em termos de produção de energia limpa, as operações dessas usinas podem causar impactos significativos no meio ambiente, especialmente em trechos de vazão reduzida.

Com o aumento da demanda por energia e a exploração crescente dos recursos hídricos, surge uma necessidade premente de entender e mitigar os impactos ambientais associados à operação de usinas hidrelétricas. Em particular, os trechos de vazão reduzida, caracterizados por alterações nas condições hidrológicas naturais devido à operação das usinas, emergem como áreas de interesse crítico para a conservação e preservação dos ecossistemas aquáticos.

A escolha desse tema também se justifica pelo fato de o Brasil possuir uma abundância de recursos hídricos, o que torna importante o debate sobre questões relacionadas, como a presente pesquisa. Somente através do conhecimento das medidas adequadas é possível contribuir para a redução dos impactos ambientais gerados pelas usinas hidrelétricas. Com isso, busca-se responder à seguinte pergunta: Quais medidas podem ser adotadas para conter os impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas?

O objetivo geral deste trabalho é compreender como os impactos ambientais podem ser mitigados em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas. Os objetivos específicos incluem debater as medidas adotadas no Brasil nos últimos anos para minimizar os impactos ambientais, apresentar as características da geração de energia elétrica no país e identificar as principais dificuldades que impedem a preservação do meio ambiente nas áreas das usinas.

Um dos principais propósitos sociais desta pesquisa é destacar a importância da implementação de mecanismos que contribuam para a redução dos impactos causados pelas usinas hidrelétricas. Isso visa estimular discussões sobre os efeitos positivos e negativos dessas estruturas na sociedade. Assim, é fundamental investigar e analisar as melhores práticas para o aproveitamento sustentável dos recursos hídricos. Parte superior do formulário

## 2. DESENVOLVIMENTO

A história do setor elétrico no Brasil remonta ao período Imperial, marcado pela influência de Dom Pedro II após sua visita à Exposição da Filadélfia, onde convidou Thomas Edison para trazer ao país tecnologias que pudessem viabilizar o uso da eletricidade na iluminação pública. Entre os anos de 1883 e 1900, testemunhamos um crescimento exponencial na capacidade elétrica do Brasil, multiplicando-se em 178 vezes, passando de 91 KW para 10.850 KW, sendo 53% proveniente de fontes hidráulicas (Teixeira; Cukierman, 2017).

Atualmente, o consumo de energia elétrica no Brasil atende cerca de 98% dos lares, indicando um potencial significativo de crescimento devido às crescentes necessidades humanas. Este ramo da indústria representa, portanto, uma grande oportunidade de desenvolvimento para o país. Os sistemas de energia elétrica, incluindo os Sistemas Elétricos de Potência (SEP), demandam uma série de atividades para seu planejamento, construção



e operação, sendo estas últimas realizadas em centros de controle (Teixeira; Cukierman, 2017).

No entanto, apesar da relevância das fontes renováveis, o país ainda depende consideravelmente da energia proveniente de combustíveis fósseis, como o petróleo e o gás natural. Essa dependência, embora venha sendo reduzida gradualmente, ainda representa um desafio em termos de sustentabilidade ambiental e segurança energética, destacando a necessidade contínua de investimentos em fontes alternativas e na melhoria da eficiência energética (Silveira, 2010).

O setor elétrico brasileiro também enfrenta desafios relacionados à infraestrutura e à distribuição de energia, especialmente em regiões mais remotas e menos desenvolvidas do país. A ampliação e modernização da rede elétrica, juntamente com políticas de incentivo à geração distribuída e ao uso eficiente de energia, são aspectos fundamentais para garantir um fornecimento estável, acessível e sustentável de eletricidade para toda a população brasileira (Silveira, 2010).

A eletricidade é um dos fenômenos naturais mais vitais para a vida humana, impulsionando a maioria das atividades humanas. Em contraste com épocas passadas, onde o fogo e o sol eram as únicas fontes de energia, hoje a ciência busca compreender cada vez mais esse fenômeno, enquanto o homem procura fontes de energia que atendam suas necessidades (Andrade *et al.*, 2014).

A cogeração, que revolucionou o funcionamento das usinas hidrelétricas, é uma técnica que remonta ao final do século XIX e ganhou popularidade por sua capacidade de reduzir custos de produção. Nos Estados Unidos, especialmente na década de 1940, aproximadamente metade da produção total de energia era proveniente da cogeração, um número que cresceu ao longo dos anos e despertou interesse global, principalmente nos países desenvolvidos (Clementino, 2011).

O conceito de cogeração de energia envolve a produção simultânea e sequencial de duas formas de energia a partir de um único insumo, geralmente através da queima de um combustível. Em resumo, é uma técnica que permite a produção combinada de energia térmica e mecânica/elétrica, representando uma abordagem eficiente e econômica na geração de energia (Aneel, 2018). Parte superior do formulário

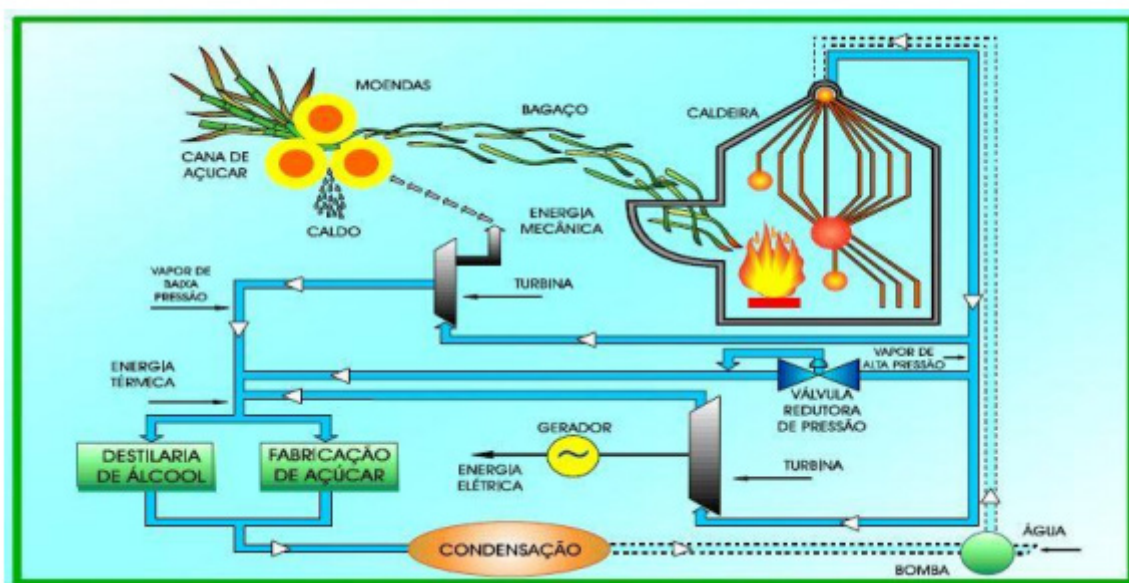


Figura 1. Esquema de cogeração nas usinas

Fonte:CPFL (2007)

A cogeração emerge como uma alternativa viável para otimizar a geração de energia elétrica, permitindo uma significativa redução de perdas na rede e emissões de poluentes na atmosfera, o que se traduz em benefícios tangíveis para a qualidade de vida humana (Benetti; Lanna; Cobalchini, 2012).

No contexto brasileiro, a matriz elétrica é predominantemente renovável, com a geração hidráulica representando expressivos 68,1% da demanda interna, conforme dados da Empresa de Planejamento Energético – EPE (2017). Entretanto, é imperativo ressaltar a necessidade de explorar esses recursos de maneira sustentável, tendo em vista a preservação do meio ambiente para as gerações futuras.

No Brasil, as usinas hidrelétricas desempenham um papel crucial na geração de energia. Entre as mais proeminentes, destacam-se a Usina Hidrelétrica de Itaipu, localizada no Paraná, seguida pela Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Usina Hidrelétrica São Luiz do Tapajós, Usina Hidrelétrica de Tucuruí (todas no Pará), e a Usina Hidrelétrica de Santo Antônio, situada em Rondônia. Essas unidades não apenas contribuem significativamente para o suprimento energético do país, mas também têm um impacto econômico e social importante em suas regiões de influência EPE (2017).

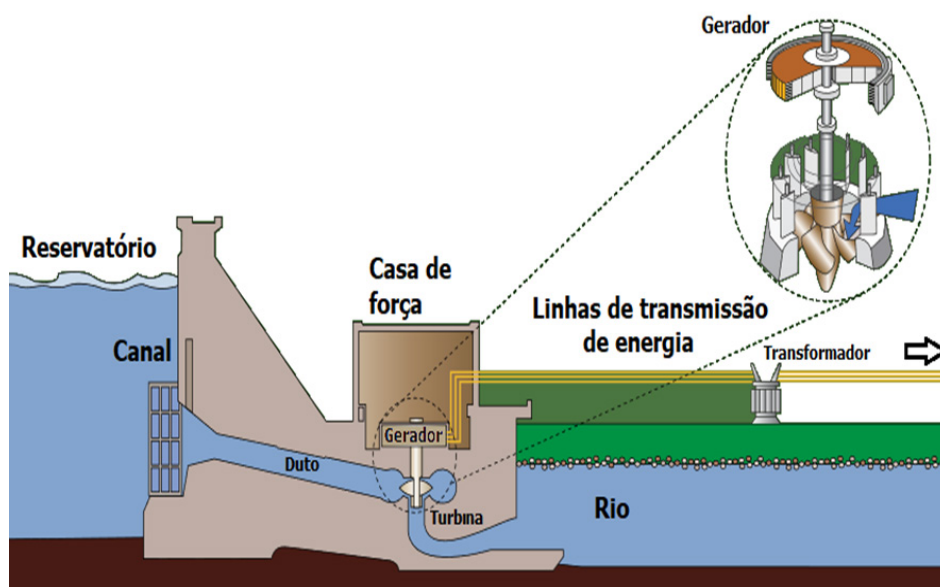


Figura 2. Processo de geração de energia em hidrelétrica.

Fonte: Centro Brasileiro de Infraestrutura - CBIE (2019)

)

A geração de energia elétrica no Brasil é caracterizada por uma diversidade de fontes energéticas, destacando-se pela predominância de recursos hídricos. Essa predominância se deve principalmente à abundância de rios e ao desenvolvimento do sistema de usinas hidrelétricas ao longo do país. De fato, o Brasil é um dos maiores produtores de energia hidrelétrica do mundo, o que confere uma vantagem significativa em termos de geração limpa e renovável (Barja, 2011).

Além da energia hidrelétrica, o Brasil também se destaca na geração de energia proveniente de fontes renováveis, como eólica e solar. Nos últimos anos, houve um crescimento significativo na capacidade instalada de parques eólicos e usinas solares, impulsionado tanto por incentivos governamentais quanto pela busca por alternativas mais sustentáveis e diversificadas no setor energético (Bermann, 2012).



## 2.1 Impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas

A construção de usinas hidrelétricas acarreta uma série de impactos ambientais potencialmente irreversíveis, abrangendo desde a perda de biodiversidade e extinção de espécies até a alteração da morfologia dos corpos d'água. Estes impactos se manifestam durante a instalação da usina, reverberando em consequências de longo prazo no ecossistema aquático e no regime hídrico dos rios. Para mitigar tais efeitos, torna-se imprescindível uma avaliação minuciosa dos impactos ambientais potenciais, adotando ferramentas e programas ambientais destinados a evitar, controlar e compensar danos (Bortoleto, 2011).

O licenciamento ambiental emerge como uma ferramenta-chave para o controle desses impactos, exigindo uma avaliação abrangente de todos os aspectos ambientais relacionados à atividade ou empreendimento. Este processo não só oferece subsídios para a análise da licença requerida, mas também resulta em benefícios para a sociedade, ao promover uma abordagem preventiva e responsável em relação aos empreendimentos (Cruz *et al.*, 2010).

Legislações como a Lei nº 6938/81 e as resoluções do CONAMA estabelecem diretrizes cruciais para o licenciamento ambiental, enfatizando a importância da avaliação preventiva dos projetos em suas diferentes fases. As etapas do processo de licenciamento, que incluem a concessão das Licenças Prévia, de Instalação e de Operação, são fundamentais para acompanhar e mitigar as consequências ambientais das atividades econômicas (Brasil, 2021).

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu Relatório (RIMA) desempenham um papel central neste contexto, fornecendo uma avaliação prévia da viabilidade ambiental dos empreendimentos. Além disso, o processo de controle preventivo realizado por esses instrumentos, em colaboração entre o Poder Público, a sociedade civil e a comunidade científica, busca conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a preservação ambiental, visando o bem-estar tanto da sociedade quanto do meio ambiente (Silveira, 2010).

O estudo em questão visa a efetivação de uma análise sobre o a contenção de impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas, com a pretensão de que se possa compreender quais os fatores contribuem para os resquícios negativos percebidos no meio ambiente, a ponto de conscientizar, não somente a comunidade acadêmica, mas a sociedade de modo geral sobre a existência do problema (Bermann, 2012).

A escolha de se realizar um estudo sobre a contenção de impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas observou-se a existência de fatores que influenciam direta e indiretamente para as modificações ambientais ocorridas nos últimos anos, com isso, pretende-se, portanto, elucidar quais os quesitos preponderantes que influenciam para a degradação ambiental (Silveira, 2010).

As significativas transformações da natureza, no âmbito da sociedade atual, têm instigado grandes impactos ambientais, o que tem ocasionado a extinção de espécies, bem como a inexistência dos recursos ambientais imprescindíveis às populações e, sendo assim, a natureza poderá ter pouca ou nenhuma utilidade (Schneider, 2019).

Alguns autores relacionam o processo de industrialização à necessidade de adaptação das usinas hidrelétricas, Silva (2019) apontam que a globalização trouxe novas exigências, em inúmeros aspectos para a sobrevivência humana. Isso implica dizer que o crescimento populacional e o mercado globalizado são fatores determinantes para o aumento da demanda de utilização de água e, conseqüentemente, da apropriação da natureza para atender a essas necessidades de consumo de energia, que depende das hidrelétricas para



geração.

Postel (2017, p. 65) afirma que: “A construção de qualquer tipo de aproveitamento hidrelétrico pode causar alterações no regime hidrológico, temperatura da água, transporte de nutrientes e sedimentos”. Desse modo, os grandes reservatórios de água utilizados pelas usinas podem desconectar rios de seus cursos naturais, tendo em vista que nem sempre os períodos de cheias e vazão são levados em conta, mas sim, o abastecimento em si.

Partindo dessas configurações, Silva (2019, p. 16) contribui que: “Antes da década de 1970 [...] o meio ambiente era considerado inesgotável, tanto no que se referia ao fornecimento das matérias-primas como ao seu potencial de absorver os resíduos produtivos”.

Esse fator é imprescindível que seja debatido, pois torna-se necessário que tanto a sociedade, quanto os órgãos governamentais possam pensar de maneira diferente de como o meio ambiente era tratado em décadas passadas, dado que, a realidade é completamente diferente, as demandas humanas aumentaram e muitas áreas ambientais foram afetadas nesse intervalo de tempo com a instalação de usinas hidrelétricas (Clementino, 2011).

Na fase analítica da viabilidade para sistemas de cogeração, é essencial realizar uma compreensão detalhada e uma mensuração precisa do rendimento dos equipamentos e das matérias-primas empregadas na planta em questão. Isso implica em garantir uma convergência entre a disponibilidade de matéria-prima, especialmente o combustível a ser utilizado, e a infraestrutura da planta, a fim de otimizar os recursos e minimizar os investimentos necessários. Este alinhamento estratégico não apenas reduz os custos iniciais, mas também contribui para uma redução significativa no tempo de retorno sobre o investimento (Clementino, 2011).

Os equipamentos selecionados para atender à produção de energia devem ser cuidadosamente dimensionados para atender às necessidades da planta industrial, levando em consideração o potencial de demanda energética esperado. Isso inclui não apenas a energia necessária para os processos industriais internos, mas também a capacidade de repassar energia excedente para as linhas de distribuição. Essa abordagem visa maximizar a eficiência operacional da planta, garantindo que a produção de energia seja suficiente para atender à demanda interna e potencialmente gerar receita adicional por meio da venda de energia excedente (Clementino, 2011).

Além disso, é crucial considerar não apenas a quantidade, mas também a qualidade da energia produzida pela cogeração. Isso envolve avaliar as formas de energia deslocadas para os processos industriais internos, bem como a energia que pode ser repassada às linhas de distribuição. Uma abordagem integrada e holística na análise da viabilidade da cogeração garante não apenas a otimização dos recursos disponíveis, mas também a maximização do valor agregado tanto para a planta industrial quanto para o sistema de energia como um todo (Clementino, 2011).

No Brasil, as usinas de acumulação têm sido substituídas pelas de fio d'água, característica que, segundo Souza (2019) altera o trecho de vazões reduzidas, por criar uma espécie de curto-circuito no rio, para o aproveitamento de seu declive natural. Assim, o tamanho do trecho de vazão reduzida é diretamente proporcional à quantidade de impactos ambientais percebidos.

Costa (2010, p. 71) sinaliza que: “A energia possui um papel primordial como fonte e potencializadora do desenvolvimento”. Entretanto, não se pode negar os impactos que isso causa ao meio ambiente, como por exemplo, as reduções de partes de vegetações endêmicas, a alteração de cursos de alguns rios, entre outros, ou seja, os benefícios não podem



estar acima dos prejuízos causados, e é importante não somente o reconhecimento desse fator, mas a busca de mecanismos que venham a amenizar situações como as citadas.

Conforme a Política Nacional do Meio Ambiente, algumas medidas foram tomadas no ato de licenciamento ambiental para atividades que utilizam recursos naturais:

Lei nº 6938/81 art. 10 – A construção, instalação, ampliação e fornecimento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA [...] (PNMA, 1981, p. 20).

Com isso, pode-se afirmar que, teoricamente as questões funcionam muito bem, mas na prática o que se observa é bastante diferente, pois ao firmar um licenciamento para funcionamento em área em que haverá algum tipo de prejuízo ambiental, o ideal seria que as empresas e fábricas, em sua maioria, buscassem alternativas que impedissem grandes perdas, porém somente uma minoria recorre a esses meios (Souza, 2019).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2018) reconhece que: “Para produzir energia hidrelétrica é necessário integrar a vazão do rio, a quantidade de água disponível em determinado período de tempo e os desníveis do relevo”. Essa integração da vazão depende de alguns fatores como o intervalo de tempo em que a água demora para escoar determinadas quantidades.

Nesse quesito, os desníveis criados artificialmente são os que mais comprometem os recursos ambientais, dado que, em alguns casos, o desvio empreendido atravessa áreas que não estavam preparadas (naturalmente falando) para terem alterações tão agressivas (Mortari, 2017).

Para Silva (2019, p. 57): “Considerava-se aceitável impor às regiões afetadas pelas hidrelétricas os danos dos ‘eventuais’ desajustes de sua economia e seus valores culturais (já houve tempo e quem sugerisse ser um privilégio aquelas comunidades ‘participarem’ de uma causa nobre)”.

Vale ressaltar que, no período em que as primeiras usinas hidrelétricas foram instaladas no Brasil, havia um discurso ilusório destinado às comunidades que as receberiam, de que os investimentos, além de trazerem benefícios para a população brasileira, serviriam como uma espécie de privilégio para tais grupos sociais. Como naquele período os efeitos negativos ainda não eram percebidos, e muito menos estudados, muitas comunidades acabaram por aceitar passivamente as instalações (Silva, 2019).

Em um estudo realizado Buenaga (2019) sobre a vazão da hidrelétrica de Belo Monte, evidenciou-se que o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA apontou que:

As espécies que dependem da inundação das planícies aluviais resistem a uma vazão menor em um ano mais seco e que, posteriormente no outro ano, se recuperam, devido a um maior volume de água. O valor de 700 m<sup>3</sup>/s corresponde à menor vazão para que seja garantida a navegação no trecho de vazão reduzida do rio. Observa-se ainda os mesmos valores de vazão descritos nas duas colunas entre os meses de agosto a fevereiro, atingindo nos meses de estiagem (outubro a dezembro), as menores vazões entre 700 m<sup>3</sup>/s e 900 m<sup>3</sup>/s (Buenaga, 2019, p. 21).

É descrito no EIA (ELETROBRÁS, 2006) que considerando a série de vazões naturais afluentes do AHE Belo Monte para um período de 1931 a 2007, as vazões médias atingem 21.000 m<sup>3</sup> /s, entre fevereiro e maio, período chuvoso, e diminuem para 2.000 m<sup>3</sup> /s entre julho e dezembro, período seco. Observam-se então diferenças, em relação aos valores estipulados para a hidrógrafa.

Destaca-se o estudo de Bermann (2012) que ao analisar a UHE Belo Monte, verificou vazões que foram aparentemente mal dimensionadas para o TVR do empreendimento. O autor afirma que a vazão ecológica de 700m<sup>3</sup> /s, para a UHE citada, seria uma ficção e não permitiria a população afetada água suficiente para transporte e alimentação a base da pesca.

Nesse caso há um trade-off ocorrendo na operação dessa usina. Quando as afluições são muito baixas na estiagem a obrigação de deixar passar 700 m<sup>3</sup> /s pode acarretar situações de baixa oxigenação da água nos canais e reservatórios intermediários, e com isso ocorrer mortandade de peixes nessa região dos canais e reservatórios intermediários (Müller, 2016).

O uso de trechos de vazão reduzida pode ser considerado como uma opção viável na construção de hidrelétricas, visando aproveitar o potencial hidrelétrico de um local da forma mais eficiente possível. No entanto, é importante destacar que a redução da vazão acarreta em novos impactos associados a essa modificação. Tal arranjo afeta não apenas o leito natural do rio, mas também a comunidade local que depende desse recurso hídrico (Santos *et al.*, 2015).

Silveira argumenta que essa abordagem metodológica se baseia na definição de uma vazão mínima de referência, calculada com base em estatísticas históricas, sem uma análise aprofundada da sua adequação ao ecossistema.

Isso porque a redução na variabilidade natural da vazão pode ter implicações significativas. Em vez disso, o autor propõe um cálculo mais abrangente para a prescrição das vazões, levando em consideração a variabilidade que elas trarão para o local em questão. Esse planejamento permite uma avaliação mais precisa dos impactos positivos e negativos esperados para o meio ambiente (Silveira, 2010, p. 29).

Nesse tipo de projeto, uma parcela significativa da água que anteriormente fluía pelo curso do rio é desviada por meio de um túnel ou canal de adução diretamente para a casa de força da usina, sendo então devolvida ao leito do rio através de um canal de fuga (Postel, 2017).

No entanto, os grandes empreendimentos para a instalação de usinas hidrelétricas geralmente não consideram devidamente as possíveis consequências culturais, sociais, econômicas e ambientais que a região afetada enfrentará, priorizando os benefícios econômicos em detrimento dos impactos negativos (Mortari, 2017).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste estudo, foi evidente que os ambientes aquáticos são diretamente afetados pela utilização dos recursos hídricos necessários para o funcionamento das usinas hidrelétricas. Manter as vazões ecológicas naturais emerge como uma medida crucial para mitigar os impactos ambientais decorrentes dessas atividades.



É essencial destacar que as operações de cada usina devem antecipar os possíveis efeitos sobre o meio ambiente, pois o fluxo resultante pode desestabilizar as comunidades biológicas, comprometendo a biodiversidade. A problemática central desta pesquisa foi devidamente abordada ao apresentar intervenções para conter os impactos ambientais em trechos de vazão reduzida em usinas hidrelétricas, ressaltando a importância da previsibilidade das áreas afetadas direta ou indiretamente.

Espera-se que este estudo tenha contribuído para a construção de novos conhecimentos sobre a temática abordada, especialmente para os acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica. Esta pesquisa pode servir como uma fonte adicional de estudo, permitindo que os estudantes ampliem suas experiências teóricas e práticas no campo científico. Além disso, espera-se que incentive novas pesquisas para aprofundar ainda mais o entendimento sobre os impactos das usinas hidrelétricas no ambiente aquático.

## Referências

- ANEEL (2018) Atlas de energia elétrica do Brasil. 3 ed. Brasília: Aneel. Disponível: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf> Acessado em 23 de março de 2024.
- ANDRADE, M. M. S. et al. WAMPACS–Avaliação do Risco de Instabilidade de Tensão de Barramentos do SIN. **Anais do XIII SEPOP–Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica**, 2014.
- BARJA, Gabriel de Jesus Azevedo. **A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico**. 2011.
- BENETTI, Antônio Domingues; LANNA, Antônio Eduardo Leão; COBALCHINI, Maria Salete. Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. **Rbrh: revista brasileira de recursos hídricos**. Porto Alegre, RS: ABRH. Vol. 8, n. 2 (abr./jun. 2003), p. 149-160, 2013.
- BERMANN, Célio. O projeto da Usina Hidrelétrica Belo Monte: a autocracia energética como paradigma. **Novos Cadernos NAEA**, v. 15, n. 1, 2012.
- BORTOLETO, Elaine Mundim. A implantação de grandes hidrelétricas: desenvolvimento, discursos impactos. **Geografares**, n. 2, 2011. <http://www.publicacoes.ufes.br/geografares/article/viewFile/1140/853>. Acessado em 05 de março de 2024.
- 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 01 de setembro de 2021. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm) Acessado em 31 de março de 2024.
- BUENAGA, FVASC et al. Impactos ambientais do trecho de vazão reduzida em hidrelétricas. **Cadernos de Energia/PPE–Programa de Planejamento Energético**, n. 4, p. 1-37, 2017.
- CADERNOS DE ENERGIA /PPE – Programa de Planejamento Energético COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. – Rio de Janeiro: PPE, 2015- 80p.
- CRUZ, R. C. et al. Vazões Ecológicas e Remanescentes em Rios Alterados por Barragens: Estudo de Caso. **Ciência & Ambiente**, v. 41, p. 175-190, 2010.
- CRUZ, Carla Buiatti; SILVA, Vicente de Paulo da. Grandes projetos de investimento: a construção de hidrelétricas e a criação de novos territórios. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 181-190, 2010.
- CLEMENTINO, L. D. **A conservação de energia por meio da cogeração de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2011.
- COSTA, Gleimíria Batista; LOCKS, Rosilene; MATOS, Duilo Souza. Análise do Relatório do Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas no Rio Madeira no Município de Porto Velho/RO. **V Encontro Nacional da Anppas. Recuperado de** <http://www.anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT14-344-287-20100902124004.pdf>, 2010.
- EPE (2017) **Balanco energético nacional 2017**: ano base 2016. Empresa de Pesquisa Energética: Rio de Janeiro. Disponível: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017). Acessado em 20 de março de 2024.

2024.

MÜLLER, Carlos Arnaldo. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. 2016.

MORTARI, D. Uma abordagem geral sobre a vazão remanescente, em trechos “curtocircuitados”, de usinas hidrelétricas. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 16-20, 2017.

POSTEL, S. & CARPENTER, S. *Freshwater Ecosystem Services. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Grechen C. Daily. Washington, D.C., USA., Island Press. 2017.

SANTOS A. H. M.; RIBEIRO JUNIOR L. U.; BORTONI E. C. **Contribuição Metodológica Sobre a Disponibilidade Hídrica para Geração Hidrelétrica: Uma Visão Regulatória**. 2015.

SCHNEIDER, Jonas. **Inovação e sustentabilidade ambiental na produção de revestimentos cerâmicos no estado de Santa Catarina**. 2019.

SILVA, Ludimila Lima da. **A compensação financeira das usinas hidrelétricas como instrumento econômico de desenvolvimento social, econômico e ambiental**. 2019.

SILVEIRA, G. L. et al. Vazões ecológicas e remanescentes em rios alterados por barragens. **Ciência & Ambiente-Rios da América**, v. 41, p. 161-174, 2010.

SOUZA, C. F., **Vazões ambientais em hidrelétricas**: Belo Monte e Manso. Tese de doutorado submetida ao programa de pós-graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental da universidade federal do rio grande do sul. IPH-URGS. 2019.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes; CUKIERMAN, Henrique Luiz. Por que Falham os Projetos de Implantação de Processos de Software? **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE**, p. 1-12, 2017.

UNESCO - **Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura**. Estado da Arte Acerca da Vazão Ecológica, no Brasil e no Mundo. Atendimento contratual ao Edital n. 05 do ano de 2006, PROJETO704BRA2041. 2006.







# 20

A ENERGIA SOLAR: A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
UTILIZANDO AS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS  
SOLAR ENERGY: THE GENERATION OF ELECTRICITY USING  
PHOTOVOLTAIC CELLS

Leonardo de Sousa Martins  
Carolina Gomes Araújo Garreto

## Resumo

A energia fotovoltaica, que converte diretamente a luz solar em eletricidade através de células fotovoltaicas, oferece uma alternativa viável às fontes tradicionais de energia, apresentando vantagens significativas em termos de sustentabilidade ambiental e impacto econômico. O estudo destaca a importância dessa tecnologia para a matriz energética brasileira, especialmente em face das limitações das usinas hidrelétricas durante períodos de seca. O objetivo geral da presente pesquisa é investigar a energia solar. Já os objetivos específicos buscaram discutir a energia solar fotovoltaica, entender a importância da energia solar fotovoltaica e sua evolução no Brasil e apontar as vantagens da energia solar fotovoltaica. O tipo de pesquisa a ser realizado neste trabalho, foi 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: Google Acadêmico, Scielo, Lilacs e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras. Conclui-se que o avanço e a adoção da energia solar fotovoltaica são cruciais para atender às necessidades energéticas de forma mais sustentável ressaltando a necessidade contínua de pesquisas e investimentos para otimizar essa tecnologia e maximizar seus benefícios.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Painéis fotovoltaicos, Capacidade de geração, Efeito fotovoltaico, Célula Fotovoltaica.

## Abstract

Photovoltaics, which directly converts sunlight into electricity through photovoltaic cells, offers a viable alternative to traditional energy sources, with significant advantages in terms of environmental sustainability and economic impact. The study highlights the importance of this technology for the Brazilian energy matrix, especially given the limitations of hydroelectric plants during periods of drought. The general objective of this research is to investigate solar energy. The specific objectives sought to discuss photovoltaic solar energy, understand the importance of photovoltaic solar energy and its evolution in Brazil, and point out the advantages of photovoltaic solar energy. The type of research to be carried out in this work was a Literature Review, in which books, dissertations and scientific articles selected through a search of the following databases were consulted: Google Scholar, Scielo, Lilacs and the theses and dissertations database of Brazilian universities. It is concluded that the advancement and adoption of photovoltaic solar energy is crucial to meeting energy needs in a more sustainable way, highlighting the continued need for research and investment to optimize this technology and maximize its benefits.

**Keywords:** Solar Energy, Photovoltaic Panels, Generation Capacity, Photovoltaic Effect, Photovoltaic Cell.



## 1. INTRODUÇÃO

O paradigma energético tem sido escrutínio devido ao crescimento constante do povo global e ao alto consumo de energia, além da natureza finita dos combustíveis fósseis e da poluição causada pela sua combustão. Neste contexto, a busca por um paradigma baseado no desenvolvimento de longo prazo tem motivado investimentos em fontes de energia mais limpas e renováveis, que atendam às necessidades energéticas do planeta sem comprometer as suas condições de vida. Assim como um recurso capaz de atender às necessidades da população, a energia solar fotovoltaica é introduzida neste ambiente porque oferece vantagens em comparação com as fontes tradicionais de geração de energia (Cortez, 2013).

A energia solar pode ser aproveitada por meio de diversos métodos tecnológicos em constante evolução, como aquecimento solar de água, energia solar fotovoltaica e fotossíntese artificial. Essas tecnologias podem ser ativas ou passivas, como a utilização de painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos, que utilizam ativamente a energia solar. As técnicas passivas empregam um método de seleção de materiais como massa térmica benéfica ou propriedades traduzíveis que buscam encontrar espaço para circular naturalmente (Pinho; Galdino, 2018).

Neste contexto, a energia fotovoltaica pode ser definida como eletricidade movida à energia solar. Isso ocorre porque quanto maior a radiação solar, maior será a quantidade de energia elétrica produzida. A energia gerada pela conversão direta da luz solar em eletricidade é conhecida como energia fotovoltaica. Isso ocorre através da utilização de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica, que funciona segundo o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (Villalva, 2017).

Dessa forma, esta pesquisa investigará a energia fotovoltaica, bem como suas vantagens e desvantagens, bem como sua expansão global, levando em consideração todo contexto que envolve uma busca acadêmica constante pela compreensão das transformações que ela causa ao meio ambiente e à população. Surge assim uma problemática a ser analisada: Qual a importância da energia solar fotovoltaica utilizando células fotovoltaicas para a energética nacional?

O objetivo geral da presente pesquisa é investigar a energia solar. Já os objetivos específicos buscaram discutir a energia solar fotovoltaica, entender a importância da energia solar fotovoltaica e sua evolução no Brasil apontar as vantagens da energia solar fotovoltaica.

Com o avanço do estudo, fica evidente que as usinas hidrelétricas são uma importante fonte de energia elétrica no Brasil. Contudo, essas plantas sofrem de seca e resultam em uma série de escassez de recursos hídricos. O uso da energia solar fotovoltaica é resultado da necessidade de fontes alternativas de energia para atender às necessidades energéticas do país.

O tipo de pesquisa a ser 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 nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, *Scielo*, *Lilacs* e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras (Azevedo, 2016). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos, sendo utilizados 18 artigos para composição dos resultados e discussão. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Energia Solar, Painéis fotovoltaicos, Capacidade de geração, Efeito fotovoltaico e a Célula Fotovoltaica.

## 2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

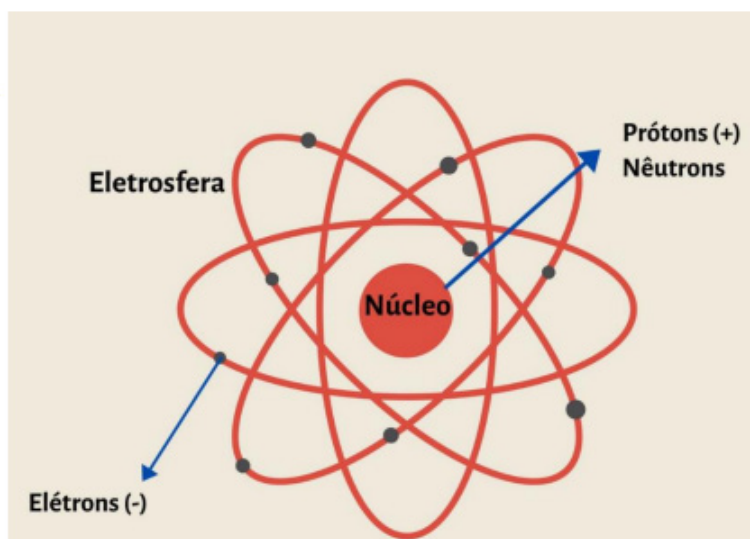
Alternativas energéticas sustentáveis são procuradas no cenário energético global porque permitem menos interferência com o meio ambiente e um fornecimento de energia mais confiável para atender à crescente demanda e às necessidades sociais. O Brasil é capaz de fazer uso de fontes de energia renováveis, incluindo biomassa, eólica e solar, devido às suas características geográficas (Villalva, 2017).

De acordo com estudo realizado pelo Centro de Referência em Energia Solar e Eólica (CRESESB/CEPEL), temos potencial para gerar cerca de 150 GW de energia elétrica a partir da energia eólica; a região do Litoral brasileiro se destaca por ter a maior incidência de ventos. De acordo com a Orizon Solar Energy, mesmo a região menos ensolarada do Brasil é capaz de produzir mais eletricidade solar do que a região mais ensolarada da Alemanha, um dos principais usuários de energia solar do mundo. Usando este método, podemos mostrar o potencial energético da nossa terra. Precisamos de avanços tecnológicos que possibilitem a implementação generalizada destes sistemas, para que possamos aproveitar o enorme potencial de energia renovável presente na nossa região (Barros, 2011).

A energia produzida pela conversão direta da radiação solar em eletricidade é conhecida como energia solar fotovoltaica. Isto é conseguido através da utilização do efeito fotoelétrico (ou célula solar) como princípio de funcionamento. O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que permite a conversão direta da luz em eletricidade. Este fenômeno ocorre quando materiais semicondutores dentro de uma célula são expostos à luz ou à radiação eletromagnética do sol (Cortez, 2013).

Uma compreensão básica de semicondutores e como este material torna possível a conversão de energia solar é necessária para compreender o efeito fotovoltaico. Toda a matéria do universo é composta de átomos, que são compostos de elétrons orbitando um núcleo de prótons e nêutrons no nível subatômico. Os elétrons estão localizados na nuvem eletrosférica de plasma, que constitui a maior parte do volume astronômico e orbita (ou “cavernas”) ao redor do núcleo com uma quantidade pré-determinada de energia. Existem no máximo sete camadas ao redor do núcleo, indicadas pelas letras K a Q. A camada mais externa, geralmente conhecida como “faixa de valor”, contém a maior parte da energia. A Figura 1 nos permite verificar a composição do átomo (Martins, 2016).

**Figura 1.** Composição do Átomo



**Fonte:** Martins (2016)

Alguns elétrons na faixa de valor podem ter uma quantidade excepcionalmente alta de energia, permitindo-lhes saltar para um nível de energia mais elevado. Essa faixa de frequência, ocupada pelos elétrons responsáveis pela condução de eletricidade e calor, é conhecida como banda de condução (Santos, 2013). A energia do gap é a diferença entre a energia de um elétron na banda de valência e a camada mais interna da banda de condutividade. Isolantes são materiais com banda de valência completa, mas sem banda de condução de elétrons. Isso ocorre porque a energia necessária para superar a lacuna (entre as bandas de valência e de condução é tão grande que os elétrons não conseguem saltar de uma banda para outra. Enquanto isso, os materiais condutores possuem elétrons na banda de condução e na banda de valência vazia (Pinho; Galdino, 2018).

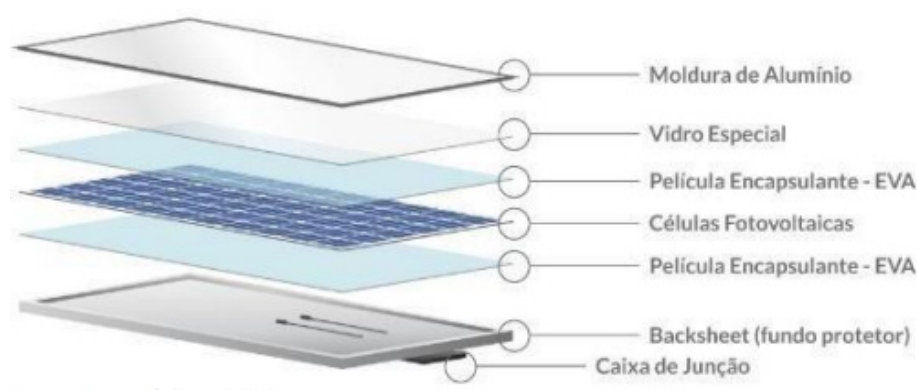
Materiais com bandas de valência parcialmente completas são chamados de semicondutores. Semelhante aos isoladores em termos de estrutura de banda, mas com um gap de energia muito mais pronunciado. Existem dois tipos de semicondutores: materiais puros, conhecidos como semicondutores intrínsecos, e materiais dopados, conhecidos como semicondutores contaminados. Quando os elétrons em um semicondutor intrínseco são excitados, seja termicamente ou opticamente, eles saltam a lacuna de energia e entram na banda de condução, onde não estão mais ligados pela estrutura atômica do cristal (Balfour; Shaw; Nash, 2016).

Uma célula fotovoltaica, ou célula solar, é um dispositivo semicondutor que converte a radiação solar em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Duas camadas de P e N semicondutores constituem uma célula fotovoltaica. Este material possui um revestimento metálico na parte superior e uma camada inferior metálica. A finalidade do aterramento e da base metálica é coletar a corrente elétrica gerada pelos raios solares. A camada inferior é uma folha de alumínio ou prata. A luz do sol entra pela parte superior, portanto as conexões elétricas são feitas com uma fina folha de metal para permitir a máxima transmissão de luz (Ndianye, 2013).

O painel fotovoltaico consiste em um conjunto de células solares conectadas em série e paralelo; essas células são então encerradas em um molde de alumínio, um vidro especial ou um encapsulante de filme (um plástico transparente de cura rápida projetado para evitar o envelhecimento das células fotovoltaicas devido à exposição aos raios UV, altas temperaturas e umidade) (PRIEB, 2011).

Um módulo é composto por várias células fotovoltaicas conectadas entre si para gerar tensão e corrente. Estas células podem ser conectadas em série ou em paralelo dentro do próprio módulo. Uma conexão em série possui uma corrente constante em um módulo e uma tensão aditiva (Balfour; Shaw; Nash, 2016, P.93). A Figura 2 nos permite verificar novamente a composição da célula fotovoltaica.

**Figura 2.** Módulo Fotovoltaico



**Fonte:** Prieb (2011)



Num esforço para aumentar a produção de energia, os fabricantes começaram a fornecer módulos solares bifaciais equipados com células fotovoltaicas que podem absorver a luz solar de ambos os lados. Esta tecnologia de módulo aproveita o efeito albedo, pelo qual a luz solar refletida do solo ou de qualquer outra superfície é absorvida pelo painel tanto por baixo como por cima (Martin, 2016).

A geração de energia fotovoltaica é frequentemente considerada uma tecnologia energética limpa e sustentável, uma vez que utiliza o recurso mais abundante e facilmente acessível da Terra: a luz solar. De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, os níveis diários de radiação solar no país ficam em média entre 4.444 e 5.483 watt-hora por metro quadrado (Wh/m<sup>2</sup>), tornando a geração de energia fotovoltaica um mercado potencialmente lucrativo. No entanto, certos obstáculos, como o custo, a luz solar intermitente e a sazonalidade, limitam o potencial de tais sistemas (Villalva, 2017).

O aprimoramento da geração de energia elétrica baseada em energia solar, contrastando a eficiência energética de um sistema fotovoltaico com rastreamento solar com a de um sistema estacionário e sem rastreamento. Como tal, desenvolvemos um seguidor solar que se ajusta automaticamente à posição do sol, permitindo-lhe absorver a potência máxima do sol durante um longo período de tempo. Para determinar se a incorporação de um rastreador solar em sistemas fotovoltaicos é técnica e economicamente viável, usaremos os dados coletados para informar uma análise de viabilidade (Pinho; Galdino, 2014).

## **2.1 Entender a importância da energia solar fotovoltaica e sua evolução no Brasil**

A energia solar fotovoltaica emergiu como uma fonte de energia significativa no Brasil a partir do ano de 2012, quando a regulação do setor de micro e mini geração distribuída foi estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) por meio da Resolução Normativa 482/2012. Essa medida teve um impacto profundamente disruptivo no panorama do setor de energia elétrica do país (Rezende, 2019).

A Resolução Normativa 482/2012 foi um marco crucial que abriu caminho para o crescimento exponencial da energia solar fotovoltaica no Brasil. Ela permitiu que consumidores residenciais, comerciais e industriais instalassem sistemas de geração de energia solar em suas propriedades e conectassem esses sistemas à rede elétrica, permitindo tanto a geração quanto a venda do excedente de energia produzida de volta para a rede (Lino, 2021).

Essa mudança regulatória incentivou investimentos significativos no setor de energia solar fotovoltaica, resultando em uma expansão rápida e substancial da capacidade instalada em todo o país. O Brasil, com seu vasto território e condições climáticas favoráveis, emergiu como um dos principais mercados de energia solar do mundo (Silva, 2015).

A participação crescente da energia solar fotovoltaica no mix energético brasileiro trouxe uma série de benefícios tangíveis. Além de reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis, como o carvão e o petróleo, a energia solar contribui para a diversificação da matriz energética do país e para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa (Rodrigues; Freitas, 2022).

A adoção em larga escala da energia solar fotovoltaica tem implicações econômicas positivas, criando empregos locais, estimulando o desenvolvimento tecnológico e fomentando o crescimento sustentável. À medida que os custos de instalação dos sistemas solares diminuem e a eficiência dos painéis solares aumenta, a energia solar fotovoltaica continua a se tornar uma opção cada vez mais viável e competitiva para suprir as necessidades



energéticas do Brasil (Salhab, 2021).

A regulação do setor de micro e mini geração distribuída pela ANEEL, por meio da Resolução Normativa 482/2012, desempenhou um papel crucial no crescimento e na consolidação da energia solar fotovoltaica como uma fonte de energia limpa e sustentável no Brasil. Essa medida disruptiva abriu novas oportunidades para a expansão do setor de energia renovável e para a construção de um futuro energético mais resiliente e ambientalmente responsável (BRASIL, 2022).

Antes do marco regulatório que impulsionou a energia solar fotovoltaica no Brasil, a tecnologia solar já estava sendo difundida por meio de iniciativas cooperativas entre o país e organizações governamentais e não governamentais internacionais, com destaque para parcerias com a Alemanha e os Estados Unidos. Essas parcerias focavam em projetos comunitários e produtivos, especialmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, a partir dos anos 80 (Rezende, 2019).

Esses projetos priorizavam áreas rurais, em especial comunidades de baixa renda, que não tinham acesso à rede elétrica convencional. A tecnologia solar era empregada principalmente para a eletrificação rural e o bombeamento de água, fornecendo uma solução sustentável e acessível para suprir as necessidades básicas de energia nessas regiões remotas e carentes de infraestrutura (Rodrigues; Freitas, 2022).

Essas iniciativas pioneiras demonstraram o potencial da energia solar como uma ferramenta eficaz para promover o desenvolvimento sustentável e reduzir as disparidades sociais e econômicas. Ao fornecer acesso à eletricidade limpa e renovável, esses projetos contribuíram para melhorar as condições de vida das comunidades rurais, permitindo o funcionamento de equipamentos básicos, como iluminação, refrigeração e bombeamento de água para irrigação e consumo humano (Bezerra, 2021).

Além disso, essas parcerias internacionais contribuíram para transferência de conhecimento e tecnologia, capacitando comunidades locais e promovendo o desenvolvimento de habilidades técnicas e empresariais relacionadas à energia solar. Isso não apenas fortaleceu a capacidade de autossuficiência energética dessas comunidades, mas também estimulou a criação de empregos locais e o crescimento econômico sustentável (Greener, 2022).

Logo Silva (2015) cita que mesmo antes da regulamentação específica que impulsionou a energia solar fotovoltaica no Brasil, as iniciativas de cooperação internacional já estavam promovendo o uso da tecnologia solar em projetos comunitários e produtivos nas regiões mais remotas e carentes do país. Essas iniciativas representaram um passo importante na jornada rumo a uma matriz energética mais diversificada, sustentável e inclusiva.

A verdadeira ascensão da energia solar fotovoltaica no Brasil ocorreu somente a partir de 2012, como mencionado anteriormente, quando os consumidores brasileiros foram concedidos o direito de gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada. Esta conquista foi resultado da Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabeleceu as regras para os sistemas de micro e mini geração distribuída, juntamente com o sistema de compensação de energia elétrica (Brasil, 2022).

Essa regulamentação foi um divisor de águas, permitindo que os consumidores produzissem sua própria energia através de sistemas fotovoltaicos instalados em suas propriedades e, quando houvesse excedente, essa energia pudesse ser injetada na rede elétrica, gerando créditos para serem utilizados posteriormente. Três anos depois, a Resolução Normativa 687/2015 veio para desburocratizar ainda mais o processo, diminuindo o prazo

de aprovação dos sistemas fotovoltaicos e ampliando o período para utilização dos créditos gerados (Lino, 2021).

Essa mudança regulatória não só incentivou um aumento significativo no número de sistemas fotovoltaicos instalados em residências, comércios e indústrias em todo o país, mas também impulsionou o crescimento do mercado de energia solar no Brasil. Com a possibilidade de autoconsumo remoto, os consumidores puderam utilizar os créditos de energia em locais diferentes de onde foram gerados, proporcionando uma maior flexibilidade e aproveitamento das vantagens oferecidas pela geração distribuída (Esposito; Fuchs, 2013).

Assim, a partir dessas resoluções da ANEEL, a energia solar fotovoltaica se consolidou como uma alternativa viável, acessível e sustentável para suprir as necessidades energéticas do Brasil, contribuindo para a diversificação da matriz energética do país e para a redução da dependência de fontes não renováveis de energia. Este marco regulatório foi essencial para impulsionar a transição energética e colocar o Brasil no mapa como um dos principais mercados de energia solar do mundo (Greener, 2021).

## 2.2 Vantagens da energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia renovável que apresenta diversas vantagens e desvantagens. Entre suas vantagens mais significativas está a facilidade de acesso à energia elétrica em locais remotos e isolados, onde a conexão à rede elétrica convencional pode ser difícil ou impraticável. Isso é especialmente relevante em áreas rurais ou em regiões afastadas dos centros urbanos, onde a instalação de infraestrutura elétrica pode ser custosa e demorada (Balfour; Shaw; 2016).

Para Bezerra (2021) a energia solar fotovoltaica é uma fonte limpa e sustentável, que não emite poluentes durante sua geração de energia. Ela contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a preservação do meio ambiente, sendo uma opção cada vez mais atrativa em meio à preocupação global com as mudanças climáticas.

No entanto, é importante reconhecer que a energia solar fotovoltaica também possui algumas desvantagens. Uma delas é a limitação dos sistemas off-grid (desconectados da rede elétrica) em relação à capacidade de armazenamento de energia. Embora esses sistemas estejam em constante desenvolvimento, ainda enfrentam desafios relacionados à eficiência e ao custo das baterias de armazenamento, o que pode comprometer sua capacidade de fornecer energia contínua em períodos de baixa irradiação solar ou durante a noite (Greener, 2022).

Segundo Lino (2021) outro ponto a considerar é o investimento inicial necessário para a instalação de sistemas fotovoltaicos, que pode ser relativamente alto. Embora os custos dos painéis solares e equipamentos associados tenham diminuído significativamente ao longo dos anos, ainda pode representar um obstáculo para algumas pessoas ou comunidades, especialmente em países em desenvolvimento.

Apesar dessas limitações, é inegável que a energia solar fotovoltaica continua a desempenhar um papel importante na transição global para uma matriz energética mais limpa e sustentável. Com avanços contínuos em tecnologia e políticas de apoio, espera-se que as vantagens dessa fonte de energia superem cada vez mais suas desvantagens, tornando-a uma opção ainda mais atraente e acessível para a geração de eletricidade em todo o mundo (Rezende, 2019).

A energia solar é uma fonte de energia incrivelmente versátil e benéfica em muitos



aspectos. Uma das suas maiores vantagens é o fato de ser uma fonte de energia limpa e renovável. Ao contrário de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, que liberam poluentes nocivos quando queimados, a energia solar não emite gases de efeito estufa ou outros poluentes atmosféricos durante sua produção de energia. Isso a torna uma opção ambientalmente amigável e contribui para a redução da poluição do ar e das emissões de carbono, ajudando a mitigar as mudanças climáticas (Rodrigues; Freitas, 2022).

A energia solar é uma fonte de energia inesgotável, garantindo uma oferta constante de energia ao longo do tempo. A energia do sol é abundante e acessível em grande parte do mundo, tornando-a uma opção viável mesmo em áreas isoladas da rede elétrica convencional. Isso é especialmente importante em regiões remotas ou rurais, onde a construção de infraestrutura elétrica pode ser cara e inviável (Martins, 2016).

Outra vantagem significativa da energia solar é a sua baixa necessidade de manutenção. Uma vez instalados, os sistemas fotovoltaicos exigem pouca ou nenhuma manutenção regular, tornando-os uma opção econômica e de baixa manutenção para a geração de energia a longo prazo. Além disso, a tecnologia solar é cada vez mais fácil de instalar e requer menos tempo e recursos do que sistemas de energia convencionais (BRASIL, 2021).

A energia solar é uma opção acessível e de custo eficaz a longo prazo. Embora o investimento inicial possa ser significativo, os custos operacionais e de manutenção ao longo da vida útil do sistema são muito baixos em comparação com outras formas de geração de energia. Isso significa que, ao longo do tempo, os proprietários de sistemas solares podem economizar dinheiro em suas contas de energia e até mesmo gerar receita adicional vendendo o excesso de energia de volta à rede elétrica (Pinho; Galdino, 2014).

Assim cita Rodrigues e Freitas (2022) que a energia solar oferece uma série de vantagens impressionantes, incluindo sua natureza limpa e renovável, capacidade de uso em áreas isoladas, baixa necessidade de manutenção, facilidade de instalação e custos acessíveis em longo prazo. Essas qualidades fazem dela uma escolha cada vez mais popular e atraente para atender às necessidades energéticas do mundo moderno de forma sustentável e econômica.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O paradigma energético global enfrenta desafios significativos devido ao crescimento populacional e ao consumo intensivo de energia, combinados com a finitude dos combustíveis fósseis e os impactos ambientais de sua combustão. Nesse cenário, a busca por um desenvolvimento sustentável impulsiona investimentos em fontes de energia limpas e renováveis, com destaque para a energia solar fotovoltaica. Esta tecnologia, que converte diretamente a luz solar em eletricidade através de células fotovoltaicas, oferece uma alternativa viável e promissora às fontes tradicionais de energia, apresentando diversas vantagens em termos de sustentabilidade e impacto ambiental.

A energia solar fotovoltaica não apenas atende às crescentes necessidades energéticas de forma mais limpa, mas também se adapta bem às condições específicas de países como o Brasil, onde as usinas hidrelétricas, embora importantes, são vulneráveis a períodos de seca que comprometem a estabilidade do fornecimento de energia. A investigação aprofundada sobre a energia fotovoltaica revela suas vantagens e limitações, além de sua crescente expansão global e importância estratégica para a matriz energética nacional.

Portanto, o avanço e a adoção de tecnologias solares fotovoltaicas emergem como uma resposta crucial às exigências de um sistema energético mais sustentável e resiliente.

Ao mesmo tempo, ressaltam a necessidade contínua de pesquisas e investimentos para otimizar essas tecnologias e maximizar seus benefícios ambientais e socioeconômicos, assegurando assim um futuro energético mais seguro e sustentável para todos.

## Referências

- BALFOUR, John; SHAW, Michael; NASH, Nicole Bremer. **Introdução ao Projeto de Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Ltc, 2016.
- BARROS, Hugo Albuquerque. **Anteprojeto de um sistema fotovoltaico de 12 kWp conectado à rede**. 2011. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia Solar. n. 174** – Fortaleza: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste ETENE, 2021.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. – Brasília: MME/EPE, 2022.
- CORTEZ, Ramiro José Monteiro. **Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica**. 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de Porto, Porto, 2013.
- ESPOSITO, A. S.; FUCHS, P. G. **Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil**. Artigo Científico in: Revista BNDES, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-114, dez. 2013.
- GREENER. **Estudo estratégico geração distribuída mercado fotovoltaico**. 2. Semestre- 2021. São Paulo: Greener, 2022.
- LINO, Emerson Cardoso. **Energia solar fotovoltaica: viabilidade na geração de energia limpa no semiárido alagoano**. – Delmiro Gouveia: Universidade Federal de Alagoas, 2021.
- MARTINS, Frederico Osvaldo Martins. **Seguidor solar de dois eixos com motores passo-a-passo**. 2016. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2016.
- NDIAYE, MamourSop. **Operação de conversores back-to-back para aproveitamento de energia fotovoltaica**. 2013. 181 f. Tese (Doutorado) - Programa Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- PRIEB, César Wilhelm Massen. **Determinação da eficiência de seguimento de máxima potência de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição**. 2011. 141 f. Tese (Doutorado) - Programa Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: **Cepel-cre-sesb**, 2014. 530 f. PORTAL SOLAR. Tipo de Painel Solar Fotovoltaico. 2018. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 20 mar. 2024.
- REZENDE, J. O. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável**. Paraná – Ponta Grossa: Atena, 2019.
- RODRIGUES, Alexandre Garcia; FREITAS, Fabrício Barbosa. **Estudo de viabilidade de implantação do sistema de energia solar fotovoltaica como alternativa para a crise energética brasileira**. – Rio de Janeiro: Editora Eptaya, 2022.
- SANTOS, ÍsisPortolan dos. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura**. 2013. 278 f. Tese (Doutorado) - Programa Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
- SALHAB, R. M. **Financiamento de energia solar fotovoltaica para clientes de varejo: desafios e oportunidades**. Revista BNDES, Rio de Janeiro, v. 28 n. 56, p. 437- 474, dez. 2021.
- SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/ CONLEG/Senado, fevereiro, 2015 (Texto para Discussão nº 166).
- VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.





# ENGENHARIA DA PRODUÇÃO





# 21

A IMPORTÂNCIA DAS NORMAS TÉCNICAS EM SEGURANÇA DO  
TRABALHO PARA AS EMPRESAS

THE IMPORTANCE OF TECHNICAL STANDARDS IN WORK  
SAFETY FOR COMPANIES

Hudson Charles Pereira Mafra

## Resumo

A exposição significativa dos trabalhadores aos riscos ocupacionais é uma das principais causas responsáveis pela maioria dos acidentes que ocorrem na indústria da construção. A segurança no ambiente de trabalho é uma ferramenta de grande relevância para promover a conscientização e facilitar o desenvolvimento das atividades relacionadas a esse setor. Seu principal objetivo é garantir a qualidade de vida dos trabalhadores, reduzir o número de acidentes, aumentar a produtividade das empresas e minimizar os custos com indenizações, entre outros benefícios. Além disso, proporciona vantagens tanto para o empregador como para o trabalhador, uma vez que os custos dos acidentes podem ser bastante elevados e, em certos casos, incalculáveis, tendo em conta que a vida humana é inestimável. Aspectos como estes têm levado a uma preocupação crescente com as questões de segurança no trabalho ao longo dos anos, introduzindo assim novas perspectivas de melhoria. O objetivo geral deste trabalho busca compreender a importância das normas técnicas em segurança do trabalho para as empresas. Também aborda as razões pelas quais os trabalhadores optam por usar ou não equipamentos de proteção individual (EPI). Além disso, explora as maneiras pelas quais as empresas do setor da construção podem agir para prevenir desastres e examina as diversas abordagens delineadas nas regulamentações brasileiras em relação às disfunções e aos riscos inerentes aos trabalhadores e ao ambiente de trabalho.

**Palavras-chave:** Segurança do Trabalho. Saúde. Normas Técnicas. Trabalhadores. Acidentes. Proteção.

## Abstract

The significant exposure of workers to occupational risks is one of the main causes responsible for the majority of accidents that occur in the construction industry. Safety in the workplace is a highly relevant tool for promoting awareness and facilitating the development of activities related to this sector. Its main objective is to guarantee workers' quality of life, reduce the number of accidents, increase company productivity and minimize compensation costs, among other benefits. Furthermore, it provides benefits for both the employer and the worker, since the costs of accidents can be quite high and, in certain cases, incalculable, taking into account that human life is invaluable. Aspects such as these have led to a growing concern with occupational safety issues over the years, thus introducing new perspectives for improvement. The general objective of this work seeks to understand the importance of technical standards in occupational safety for companies. It also addresses the reasons why workers choose to use or not use personal protective equipment (PPE). Furthermore, it explores the ways in which companies in the construction sector can act to prevent disasters and examines the different approaches outlined in Brazilian regulations in relation to dysfunctions and risks inherent to workers and the work environment.

**Keywords:** Workplace safety. Health. Technical Standards. Workers. Accidents. Protection.



## 1. INTRODUÇÃO

A globalização do mercado aumentou significativamente nos últimos anos, aumentando a competitividade e impulsionando as organizações a continuarem na busca por novas ferramentas de gestão que auxiliem no processo de melhoria organizacional. Essas instalações possuem sistemas específicos voltados à qualidade, ao meio ambiente, à responsabilidade do trabalhador e à segurança e saúde do trabalhador. Todo esse processo resultou em uma série de melhorias internas e externas para as organizações e seus parceiros.

Neste contexto, a gestão da segurança e saúde no trabalho foi fundamental para a maioria das organizações, porque este sistema reduz o risco de acidentes, promove a saúde e a satisfação dos trabalhadores e melhora os resultados operacionais, aumentando a probabilidade de novas oportunidades de crescimento. Todo esse procedimento ganha importância quando são considerados o processo produtivo e as características únicas de cada colaborador, como o uso de substâncias altamente perigosas para a saúde humana.

Como resultado dos múltiplos riscos a que as empresas estão expostas, o presente estudo explora como, ao longo do tempo, as organizações se tornaram cada vez mais preocupadas com a segurança dos trabalhadores. A gestão da segurança no local de trabalho fornece às empresas um conjunto de ferramentas destinadas a aumentar a eficiência da gestão de riscos no local de trabalho, que é vista como o principal agente de integração em qualquer organização.

As atividades no local de trabalho têm um alto potencial de prejudicar a saúde física ou mental do trabalhador desde o início dos tempos. Neste contexto, uma questão deve ser resolvida: Qual a importância das normas técnicas em segurança do trabalho para as empresas?

O objetivo geral deste trabalho busca compreender a importância das normas técnicas em segurança do trabalho para as empresas. Já os objetivos específicos buscam: compreender o conceito do sistema da gestão da segurança no trabalho, descrever a história sobre a garantia da segurança aos trabalhadores e estudar a importância das normas técnicas em segurança do trabalho, bem como as competências, os treinamentos e a preparação em casos emergenciais.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis. Os principais autores consultados foram: Silva (2015), Souza (2018) e Pereira (2018). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Saúde e Segurança no Trabalho, Acidentes, Trabalhador, Organizações e Ambiente Organizacional.

## 2. SEGURANÇA NO TRABALHO

Os acidentes de trabalho são comuns a grande maioria ocorre como resultado de condições e ações de trabalho inseguras. Desde a pré-história, o homem esteve constantemente exposto ao perigo; isso faz parte de sua luta pela sobrevivência. Existem inúmeros fatores que contribuíram para a sobrevivência da espécie humana na Terra. Inicialmente, sobreviver era uma tarefa difícil que poderia levar à morte do indivíduo em alguns casos (GOULART, 2017).



No Brasil colonial, os escravos eram obrigados a trabalhar doze horas por dia e seus proprietários tinham autoridade para impor punições a fim de garantir a produtividade e a submissão ao trabalho. Como resultado, mão de obra dos escravos era especial, ou seja, nenhum tipo de necessidade de cuidar da saúde física e da sanidade dos mesmos, isso porque a vida dos escravos era apenas quatorze anos em 1730 (BARBOSA, 2018).

Por causa das restrições impostas ao tráfego de emigrantes no século XIX, os proprietários de grandes explorações começaram a preocupar-se com a segurança dos seus trabalhadores, a fim de garantir uma vida mais longa e obrigá-los a trabalhar mais horas nas suas explorações. Apesar dos danos físicos serem graves, as consequências do uso de medicamentos de outros estados começaram a preocupar os proprietários de grandes propriedades, pois certos vírus e doenças, como a febre âmbar e a cólera, se espalhavam rapidamente (KONZEN; NETO; CARNEIRO, 2020).

As máquinas geraram espaço para processos tecnológicos com a introdução da Revolução Industrial, levando alguns a antecipar que o trabalho humano teria menos espaço, mas não foi o caso. A expansão da máquina introduz novos riscos à segurança dos trabalhadores. Isso se deve à falta de conhecimento e conscientização sobre o uso seguro dos equipamentos, o que gerou diversos percalços nas fábricas, resultando em amputações e até na morte dos operadores (AMARAL, 2013). Durante este período, as leis laborais tornaram-se mais visíveis e as preocupações com a segurança dos trabalhadores começaram a evoluir devido ao fato de os países mais industrializados terem começado a dar maior ênfase à segurança dos trabalhadores, a fim de mantê-los nos seus empregos por um período mais longo de trabalho (ARTEN, 2013).

A história da gestão da segurança no trabalho inclui um histórico de riscos e acidentes ocupacionais, bem como de doenças ocupacionais. Como resultado, a legislação e a segurança dos trabalhadores na área receberam maior atenção. Georg Bauer começou a estudar doenças e acidentes que tinham ligação direta com a mineração e fundação da prata e outro em 1556 (SANTOS, 2012). Aureolus Theo fez a primeira apresentação sobre a ligação entre doenças e trabalho no ano seguinte, causando certo desconforto e insegurança entre aqueles que não acreditavam nessa ligação. Isto porque, segundo alguns investigadores, existiam mitos e mentiras associados a estratégias políticas e até a concorrência de mercado como responsáveis pelos acidentes, bem como uma falta de preocupação dos empresários com os seus colaboradores (TAKAHSHI, 2012).

Porém, foi somente no ano de 1700, na Itália, que o médico Bernardino Ramazzini fez uma descrição mais detalhada das doenças ocupacionais, empregando um método de pesquisa que incluiu cerca de cinquenta profissionais de diversas áreas, como mineiros, médicos, enfermeiros, químicos, biólogos, oleiros, ferreiros, soldados, joalheiros, pedreiros, marceneiros e outros (AMARAL, 2013).

Logo a Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) foi criado em 1º de maio de 1943, pelo Decreto nº 5.452, que codificou as leis trabalhistas, incluindo sindicalização, justiça trabalhista, segurança no emprego e seguridade social. Foi por meio da CLT que a segurança e a medicina do trabalho passaram a ter acesso a diversos temas, como a integração da Comissão Internacional de Prevenção de Acidentes (CIPA), higiene industrial, máquinas e equipamentos, insalubridade e outros pontos críticos que precisava ser alterado para que o trabalhador permanecesse em um ambiente de trabalho integrado que garantisse sua sobrevivência e produtividade (BRASIL, 2017).

Outras leis trabalhistas foram alteradas em 1977 e servem de base para as leis e normas regulatórias atuais. Em 1944, o Decreto 7.036 estabeleceu que qualquer acidente ocorrido no local de trabalho não pode ser considerado um acidente típico. Isso significa que qual-



quer evento que tenha alguma ligação de causa e efeito, mesmo que não seja o único responsável pela morte, perda ou redução da capacidade de trabalho, pode ser classificado como acidente de trabalho. Esse mesmo decreto abrangeu os processos de prevenção de acidentes, atendimento às vítimas, indenização e reabilitação (CASTISIANI; CASTELO, 2015).

Neste contexto, a gestão da segurança e saúde no trabalho tornou-se crítica para as empresas, pois a implementação deste sistema reduz o risco de acidentes e promove a saúde e a satisfação dos trabalhadores, melhorando os resultados operacionais e a imagem da organização, criando assim novas oportunidades. Este tema torna-se mais importante quando se considera o ambiente e a necessidade das organizações programarem boas práticas de segurança no local de trabalho (NASCIMENTO, 2021).

## 2.1 Aspectos Históricos Da Segurança No Trabalho

As Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção foram revisadas em 1995, quando se tornou obrigatório o desenvolvimento do Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (PCMAT) nas empresas. Esta prática serviu para melhorar a gestão do ambiente de trabalho e do processo fabril, uma vez que incluiu orientação aos colaboradores e teve como objetivo prevenir acidentes de trabalho e doenças ocupacionais (SOUZA; CARNEIRO, 2018).

O sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho é um conjunto de iniciativas organizacionais composto por programas, políticas, procedimentos e processos que auxiliam as organizações no atendimento aos requisitos legais e demais departamentos interessados em realizar atividades com ética e responsabilidade social. A composição destes elementos não é estática, pois devem reagir e adaptar-se às flutuações diárias (SANTOS *et al.*, 2018).

Para poder implantar o Sistema de Gestão da Segurança e Proteção no Trabalho é fundamental compreender os níveis de segurança e proteção no trabalho que cada organização possui, pois existe a necessidade de atuar de acordo com as necessidades de cada empresa. A aplicação deste tipo de sistema contribui para o desenvolvimento dos negócios, apresentando mecanismos simbióticos de melhoria, bem como elementos fundamentais para a sobrevivência dos funcionários no local de trabalho (AMARAL, 2013).

Embora a segurança dos trabalhadores seja há muito tempo uma pedra angular da filosofia empresarial, isso não significa que a taxa de acidentes de trabalho tenha diminuído ao longo do tempo. Ao contrário do que afirmam alguns executivos da indústria da construção civil, estudos mostram que a maioria dos acidentes que ocorrem em frente aos canteiros de obras é resultado de normas e regulamentos ignorados pelos funcionários das empresas. Isto se deve a uma série de fatores, um dos quais é a falta de uma análise eficaz dos equipamentos de proteção individual e das normas de segurança no trabalho (ARTEN, 2013).

A maioria dos acidentes de trabalho tem influência significativa nos gastos previdenciários no Brasil. Isso se deve ao fato de o trabalhador ter sofrido um acidente de trabalho e a empresa ter sido obrigada a arcar com os custos do seu tratamento no prazo de 15 dias. Como resultado, os custos relacionados com o trabalho representam 6% do PIB nos países desenvolvidos e 15% nos países em desenvolvimento; estes, por sua vez, apresentam um déficit significativo em termos da segurança necessária ao desenvolvimento empresarial (GOULART, 2017).

Em decorrência da demissão do funcionário por acidente de trabalho, a empresa e o



consumidor sofrem diversas consequências. Isso se deve ao tempo perdido na construção, ao aumento da distribuição de equipamentos e materiais, à formação de um novo funcionário, à redução e interrupção da produção, ao pagamento de horas extras, entre outros fatores que resultam no aumento do custo da obra. Com isso, o consumidor acaba tendo muita dor de cabeça porque os custos das obras são todos calculados com base na necessidade de alteração no projeto de engenharia (KONZEN, 2020).

Segundo Machado (2015), a condição humana não pode ser alterada, mas as condições em que ele vive podem ser alteradas. A forma como uma pessoa se instala em determinado local pode ser decisiva para sua sobrevivência diante de alguns fatores críticos para a boa execução do trabalho. Isso não quer dizer que ele não precise se adaptar para manter sua integridade, ou que deva deixar de valorizar sua vida por acreditar que a indenização é simplesmente errada.

O custo dos acidentes de trabalho aumenta dramaticamente, independentemente da natureza da atividade produtiva. Como resultado, é necessário realizar uma avaliação adequada dos custos de potenciais acidentes. A gestão de uma empresa deve entender que a vida de um colaborador é muito mais que um custo financeiro; é uma vida. Com isso, é necessário implantar todas as medidas de segurança necessárias para evitar perdas futuras, além de minimizar o processo de fabricação (NASCIMENTO, 2021).

De acordo com esta definição, vários fatores devem ser considerados para que ocorram acidentes de trabalho, sendo importante reconhecer que não se trata apenas de um caso de morte, lesão ou amputação sem estes fatores. É fundamental ressaltar que os acidentes de trabalho ocorrem no âmbito legal pelas seguintes circunstâncias: locações que possam ocorrer durante a execução da obra ou quando em local determinado (RESENDE, 2019).

Como resultado, é possível compreender que o conceito de acidente de trabalho é amplo e não se limita a um único local de trabalho, mas pode abranger toda a jornada e os eventos que ocorrem no âmbito do trabalho. Os acidentes são os mais sérios desafios à segurança do trabalhador desde a antiguidade, pois muitos fatores comprometem a estabilidade do trabalhador dentro de uma determinada zona de risco (SANTOS, 2018).

Segundo a Organização Panamericana de Segurança - OPAS (2006), os desafios associados aos acidentes de trabalho estão diretamente relacionados aos problemas de saúde ocupacionais causados pelos processos tecnológicos, ao uso excessivo de substâncias químicas, às questões relacionadas à mobilidade dos trabalhadores e à constante ocorrência de doenças ocupacionais. As vítimas mais frequentes são funcionários com o mais alto nível de transparência no seu desempenho profissional. Este tipo de acidente é resolvido visualmente com uma cura simples e não resulta na morte do trabalhador, o que significa que é inquestionável (ARTEN, 2013).

Os problemas mais graves que os trabalhadores enfrentam quando ocorre um acidente são os relacionados com fatores econômicos, porque as grandes empresas de construção civil recusam-se a priorizar as características que existem dentro das lacunas na gestão da segurança. Ocorrências comuns como falta de material de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) ou locais inadequados para construção de prédios, pontos comerciais ou residências são frequentemente mencionadas nos processos relacionados a acidentes de trabalho (BRASIL, 2017).

Dessa forma, é possível perceber a real preocupação das empresas com a segurança e saúde de seus colaboradores. Isto porque, além dos riscos econômicos e físicos, a saúde do ser humano e o risco de morte a que está exposto são extremamente importantes para garantir a segurança do mercado. O acidente é uma das ocorrências que nenhuma

empresa deseja ter em sua história, pois são inúmeras as questões jurídicas que podem impactar negativamente o negócio (GOULART, 2017).

Observou-se que uma deterioração na segurança e saúde dos trabalhadores resultaria em consequências organizacionais significativas para todos os envolvidos neste processo. Alguns índices começaram a aumentar o número de acidentes de trabalho, bem como a prevalência de doenças ocupacionais como estresse, síndrome de Burnout, Ler e assim por diante. Estas questões, quando combinadas com os problemas de alienação e perda de sentido no local de trabalho, resultaram numa série de questões dentro das organizações relativas à qualidade de vida dos funcionários e ao tempo que permanecem no trabalho (KONZEN, 2020).

Devido a esta questão, a sociedade iniciou um amplo debate sobre abordagens alternativas para melhorar a segurança e a saúde dos trabalhadores, com foco em projetos que visam humanizar o local de trabalho e, assim, promover uma relação mais forte entre empregadores e empregados. Os fundadores reconheceram a necessidade de desenvolver projetos que melhorem a qualidade de vida dos seus colaboradores, tendo em conta diversos fatores (MACHADO, 2015).

Esta preocupação tem origem no local de trabalho e abrange uma variedade de contextos que visam facilitar a satisfação e a execução de tarefas que garantam a sobrevivência de si no planeta. Com o passar do tempo, as organizações começaram a reconhecer a importância de resgatar a humanização no local de trabalho, proporcionando melhores condições para o bem-estar dos seus colaboradores e ao mesmo tempo tendo em mente a sobrevivência dos negócios. A abordagem do papel das pessoas dentro das organizações garante que haja uma proporção do papel que o indivíduo desempenha nos negócios (NASCIMENTO, 2021).

Abandonar as discussões sobre valor humano dentro das organizações destaca a necessidade do empreendedor compreender o que está acontecendo sobre a “guerra de talentos” que ocorre internamente nas indústrias e está relacionada aos negócios. Isto explica as mudanças progressivas que ocorreram nas organizações após 1990, quando foi atribuído um valor muito mais elevado a atividades intangíveis, como conhecimento, capacidade, competências, marcas e sistemas. Estas atividades têm sido identificadas como capital intelectual humano nas organizações, e são as pessoas que controlam esse valor (MONTENEGRO; SANTANA, 2012).

Segurança e saúde no trabalho podem ser definidas como um conjunto de ações realizadas por uma empresa com o objetivo de criar melhorias gerenciais e tecnológicas no ambiente de trabalho. O desenvolvimento da qualidade de vida no trabalho começa com o retorno do olhar à empresa e aos seus colaboradores como um todo, o que pode ser chamado de “enfoque biopsicossocial”. Este enfoque biopsicossocial pretende ser um fator diferenciador na execução de ações e diagnósticos dentro dos negócios, como campanhas, serviços de criação de serviços e de projetos que visem o desenvolvimento das pessoas, bem como a preservação da empresa e da qualidade de seus serviços (RESENDE, 2019).

## 2.2 As Normas Técnicas Em Segurança Do Trabalho

O termo “segurança do trabalho” pode ser definido como a ciência que investiga potenciais causas de acidentes de trabalho com o objetivo de prevenir a sua ocorrência. Sua função é assessorar os empregadores e trabalhar para manter a integridade física e mental dos colaboradores, bem como a produtividade do processo de trabalho (BARACHO, 2018).

O objetivo da segurança no local de trabalho é prevenir acidentes ou incidentes no local de trabalho que ocorrem enquanto os funcionários realizam tarefas relacionadas ao



trabalho para um empregador e resultam em lesões físicas ou interrupções funcionais que resultam em morte, perda permanente ou temporária da capacidade de trabalho, ou ambos. De acordo com outra perspectiva, acidente é uma ocorrência não planejada, imprevista ou involuntária que perturba ou interfere no curso normal de uma atividade, levando à perda de tempo produtivo, lesões aos trabalhadores e/ou danos materiais (MATTOS, 2019).

Os acidentes são provocados por ações inseguras ou condições inadequadas. São as ações tomadas pelos empregadores que são inadequadas ou inadequadas e podem resultar em acidentes, enquanto condições de trabalho inadequadas são aquelas que podem existir e podem estar direta ou indiretamente ligadas ao trabalhador. Ou seja, trata-se de uma situação em que o ambiente de trabalho pode apresentar riscos de acidentes envolvendo o trabalhador, o ambiente circundante e os equipamentos durante o desenvolvimento das atividades (MACHADO, 2015).

Como exemplo de ações inseguras é possível citar: desrespeito às normas de segurança, não utilização de equipamentos de proteção individual (EPI), não atenção à sinalização de segurança e atividades de risco sem análise de risco. Por outro lado, há casos de condições inadequadas, como: peças de equipamentos móveis, trabalhos em altura sem equipamentos adequados, falta de inspeção de rotina dos equipamentos, bem como vazamentos e trocas de tanques (INOUE; VILELA, 2014).

Segundo Druck et al. (2017), a prevenção de acidentes deve ser realizada por meio de mudanças comportamentais gerais, eliminação de condições inseguras e treinamento dos funcionários. Além disso, o uso de EPIs deverá ser exigido, sendo ensinado o uso adequado a todos os colaboradores. As tarefas devem ser avaliadas previamente, os riscos e as condições de trabalho devem ser identificados e todos os envolvidos devem ser responsáveis pela segurança e prevenção de acidentes.

Conforme mencionado anteriormente, o uso de EPIs é fundamental para a prevenção de acidentes porque as medidas de controle ambiental muitas vezes não conseguem eliminar completamente os riscos. O trabalho de cada pessoa envolve a utilização e manutenção de equipamentos de segurança, existindo sempre um EPI adequado à tarefa em questão. Em caso de dúvida aconselha-se contatar o PO (Padrão Operacional) da atividade, pois contém toda a informação pertinente (MATTOS, 2019).

Os equipamentos de proteção coletiva funcionam em conjunto com os equipamentos de proteção individual para prevenir acidentes. EPCs são ferramentas que eliminam riscos no nível da fonte. Quando instalada, por exemplo, uma proteção ativa atua no ambiente de trabalho; esta ação é conhecida como proteção coletiva, pois salvaguarda toda a força de trabalho. Para descrever mais claramente as orientações estabelecidas, elas serão divididas em categorias para sua categorização, a fim de destacar as principais características e questões abrangidas pelas normas regulamentadoras relativas à segurança no trabalho (COSTA; GASPAR, 2019).

A Norma Reguladora nº 18 (NR-18), intitulada “Condições de Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção”, foi instituída pela Portaria 3.214, de 8 de julho de 1978, do Ministério do Trabalho e Emprego, e foi baseada em ordem administrativa diretrizes de planejamento e organização que visavam implementar medidas de segurança e sistemas preventivos nas condições e processos do local de trabalho (BRASIL, 2022).

De acordo com a NR 18, deve haver um Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria de Construção (PCMAT), que estabeleça procedimentos de ordem administrativa, planejamento e organização, bem como uma série de medidas de segurança que devem ser implementadas em todo o empreendimento. todo o desenvolvimento. Este PCMAT deve ser mantido sempre no local de trabalho, sendo sua implementa-

ção e cumprimento de responsabilidade do empregador ou condômino. Deve ser criado e implementado por profissional legalmente habilitado na área de segurança do trabalho (DRUCK *et al.*, 2017).

A Norma Reguladora nº 05 (NR-05) instituiu a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), que tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, a fim de compatibilizar a saúde e a segurança no trabalho e ao longo da vida do trabalhador.

A Norma Reguladora nº 6 (NR-06) trata dos equipamentos de proteção individual e identifica esses equipamentos, inclusive os utilizados pelos trabalhadores da construção civil. Porém, não estabelece diretrizes quantitativas de utilização, ou, dito de outra forma, não dimensiona equipamentos para tornar obrigatório o uso de EPIs (COSTA; GASPAR, 2019).

Os aspectos de segurança das instalações e serviços elétricos estão previstos na Norma Reguladora nº 10 (NR-10), incluindo quaisquer serviços elétricos que possam estar presentes em canteiros de obras ou frentes de obras de engenharia. A referida norma estabelece os requisitos e condições mínimas necessárias à implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de forma a garantir a segurança e o bem-estar dos colaboradores que, direta ou indiretamente, interagem com instalações e serviços elétricos (MATTOS, 2015).

Os princípios fundamentais e as medidas de proteção necessárias para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores estão dispostos na Norma Reguladora nº 12 (NR-12) e seus anexos. Estabelece também requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças ocupacionais durante as fases do projeto que envolvem a utilização de todos os tipos de máquinas e equipamentos.

As principais causas da produção de ruído são o uso de equipamentos e o uso de ferramentas em canteiros de obras ou frentes de serviço, ambos com limites de tolerância definidos na Norma Reguladora nº 15 (NR-15), que trata de atividades e operações impuras. A citada NR também estabelece os limites superiores de tolerabilidade à exposição ao calor e outros fatores que conferem ao trabalhador condições de insalubridade (NASCIMENTO, 2021).

### 3. CONCLUSÃO

A eficácia da Segurança e Saúde no Trabalho (SST) depende da integração e do envolvimento ativo de todos os trabalhadores no local de trabalho, abrangendo tanto os trabalhadores como o pessoal de gestão. Para atingir o objetivo, é essencial contar com um profissional responsável pelo desempenho da cultura de segurança do trabalho, conhecido como Técnico de Segurança do Trabalho. A preservação da qualidade de vida dos colaboradores é um requisito fundamental e indispensável nas organizações, uma vez que a segurança e a saúde dos trabalhadores são reforçadas para o aumento da produtividade, a diminuição dos riscos de acidentes de trabalho e a resistência aos processos de mudança cultural. Além disso, umas atenções aos custos decorrentes de acidentes de trabalho e à criação de elementos motivacionais no ambiente laboral são igualmente relevantes.

A área da segurança no trabalho abrange mais do que apenas a prevenção de acidentes dentro de uma empresa. Além disso, ela é responsável pela gestão de diversas documentações, programas, mapas de risco, rotas de fuga, laudos, entre outros. O trabalho é um aspecto essencial para garantir o funcionamento eficiente e adequado de segurança





de empresas de todos os tamanhos, sendo uma prioridade inquestionável. Existem diversas regulamentações, portarias, instruções e artigos da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) que abordam as diretrizes que devem ser observadas pelas empresas com o objetivo de garantir a segurança e saúde de seus funcionários. Em conformidade com toda a legislação vigente a fim de garantir a proteção de seus colaboradores. Caso a empresa não cumpra essas obrigações legais, ela estará sujeita a avaliações pecuniárias e ações judiciais trabalhistas. A única forma de estar adequadamente preparado para as fiscalizações conduzidas pelo Ministério do Trabalho é garantir que a segurança do trabalho seja uma atividade contínua dentro da empresa.

Logo em qualquer contexto laboral, é imprescindível que toda organização conte com profissionais engajados em mitigar o risco de ocorrência de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho. Nesse sentido, a presença de um especialista em Segurança do Trabalho reduz a probabilidade de acidentes de trabalho e, conseqüentemente, de despesas médicas, questões jurídicas e absenteísmo laboral. É fundamental destacar que as empresas que não priorizam a prevenção da saúde e do bem-estar dos seus colaboradores acabam por vivenciar um elevado número de profissionais incapacitados por doenças e acidentes, situação que diminui a produtividade global da empresa.

Com a conformidade das normas de segurança em vigor e a manutenção da saúde dos trabalhadores, graças aos profissionais especializados em Saúde e Segurança no Trabalho (SST), os fornecedores fornecem evitar implicações legais e financeiras, além de garantir a segurança, saúde e produtividade de seus funcionários. Além disso, a existência de uma empresa segura é amplamente valorizada, tanto pelos funcionários, que se beneficiam ao trabalhar em um ambiente favorável, quanto por partes externas, o que contribui para a construção de uma confiança sólida perante clientes, fornecedores e a sociedade em geral.

Conclui-se, portanto que os indivíduos que mais beneficiam das boas práticas de saúde e segurança no trabalho são os próprios trabalhadores. Quando imersos em uma cultura de segurança, conseguem trabalhar em um ambiente seguro e saudável, o que influencia diretamente na sua qualidade de vida. O bem-estar no local de trabalho, que depende da segurança, mitiga o estresse, previne doenças e possíveis acidentes e também influencia a vida pessoal dos colaboradores. Considerando que a comunidade é composta por empregadores e trabalhadores, a função do Técnico de Saúde e Segurança no Trabalho traz bem-estar a todas as partes, contribuindo assim para o bem-estar geral de toda a comunidade.

## Referências

- AMARAL, Arnaldo Gomes do. **Segurança no trabalho: EPI'S na construção civil**. Rev. Ciênc. Empres. UNIPAR, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 231-257, jul./dez, 2013.
- ARTEN, Patrícia Lopes Rycheta. **Classificação de equipamentos de proteção individual usados no setor da construção civil. Monografia do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, Curitiba, 2013.
- BARBOSA, P. R. B.; R. P. **Segurança do Trabalho Guia Prático e Didático**. [S.l.]: Saraiva Educação S.A., 2018.
- BARACHO, Paulo Yuri Oliveira. **Novas abordagens na prevenção de acidentes de trabalho na construção civil: sistema de gestão da segurança e saúde ocupacional**. 2018. 16f. Artigo científico (graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- BARSANO, Paulo R.; BARBOSA, Rildo P., **Segurança do Trabalho – Guia Prático e Didático**. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- BELTRAMI, M; STUMM, S. **EPI e EPC**. Instituto Federal do Paraná rede E-Tec Brasil. Curitiba: [s.n.], 2013.

- BRASIL. Ministério da Previdência Social. **Anuário estatístico da Previdência Social**, 2017. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.mpas.gov.br/conteudoDinamico.php?id=423>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06 – Equipamentos de proteção individual**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022.
- CANTISIANI, Alípio Ferreira, CASTELO, Ana Maria. O perfil dos trabalhadores da Construção Civil. **Revista Conjuntura da construção**. Março. Rio de Janeiro: FGV, 2015.
- CISZ, C. R. Conscientização do uso de epi's, quanto à segurança pessoal e coletiva. 2015. Tese (Monografia de especialização em Engenharia Civil) - Curitiba, 2015.
- COSTA, Elton Alves; GASPAR, Geisla Aparecida Maia Gomes. **O uso de ferramentas de análise comportamental e a estruturação de um programa de segurança para a redução de acidentes na construção civil**. Artigo de evento, Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2019.
- DRUCK, G. et al. **Saúde e segurança do trabalho no Brasil**. 1. ed. Brasília: Gráfica movimento, 2017.
- FILGUEIRAS, Vitor Araújo; SOUZA, Alessandro da Silva Giovani Lima de; SOUZA, Ilan Fonseca de; SCIENZA, Luiz Alfredo; BRANCHTEIN, Miguel Coifman; CUNHA, Sebastião Ferreira da; SIMON, Wilson Roberto. **Saúde e segurança do trabalho na construção civil brasileira**. Aracaju: J. Andrade, 2015.
- GOULART, K. A. **Importância da implantação da segurança do trabalho em obras da construção civil de pequeno porte**. Trabalho de conclusão de curso. 2017. Centro Universitário do Sul de Minas. Minas Gerais. 2017.
- KONZEN, Ione Grace do N. Cidade; KONZEN, Márcio Roberto; NETO, José M. da Silva; CARNEIRO, Alexandre de Freitas. **Desafios para garantir a aplicação das estratégias preventivas de segurança no trabalho na construção civil**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 56752-56776, Curitiba, 2020.
- INOUE, Karina Sami Yamamoto; VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia. **O poder de agir dos Técnicos de Segurança do Trabalho: conflitos e limitações**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 39, p. 136-149, 2014.
- MACHADO, D. B. **Segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso**. 2015. Tese (Monografia de especialização) - Curitiba, 2015.
- MATTOS U. A. O. **O acidente de trabalho e o seu impacto socioeconômico e ambiental**. In MATTOS, U. A. O.; MÁSCULO, F. S. (Org.) Higiene e segurança do trabalho. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- MONTENEGRO, D. S.; SANTANA, M. J. A. **Resistência do operário ao uso do equipamento de proteção individual**. 2012. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Católica do Salvador – UCSAL. Salvador. 2012.
- NASCIMENTO, Guilherme Damaceno. **A Importância da Segurança no Trabalho**. Monografia. Centro Universitário UniAges, Paripiranga, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20606/1/TCC%20GUILHERME%20A%20IMPORTANCIA%20DA%20SEGURAN%C3%87A%20NO%20TRABALHO.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- RESENDE, Renan Bastos Alvarenga. **A importância do equipamento de proteção individual (EPI) na construção civil**. 2019. 30 f. Monografia (Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Centro Universitário de Lavras, Lavras, 2019. Disponível em: <http://dspace.unilavras.edu.br/bitstream/123456789/424/1/TCC%20Renan%20Bastos.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2023.
- RODRIGUES, C.M. **EPI na construção civil: causas da resistência ao uso**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança), Universidade do Sul de Santa Catarina. Santa Catarina. 2017.
- SALIBA, T. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional**. São Paulo: LTR, 2011.
- SANTOS, P. V. S. et al. **Aplicação de normas regulamentadoras de segurança do trabalho em obras de pequeno porte**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2018.
- SOUZA, V. H.; CARNEIRO, Y.M.P. **Importância, conscientização e análise em campo da utilização de equipamentos de proteção individual na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso - UniEvangélica, Goiás. 2018.
- SANTOS, A. R. M. **O ministério do trabalho e emprego e a saúde e segurança no trabalho: aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores**. 2. ed. São Paulo: IPEA: Fundacentro, 2012.
- TAKAHASHI, M. A. B. C. et al. **Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil: um estudo com base na Análise Coletiva do Trabalho (ACT)**. Saúde e Sociedade, v. 21, p. 976–988, dez. 2012.





# 22

## GESTÃO DA QUALIDADE DE VIDA NO TRABALHO (QVT) QUALITY OF LIFE AT WORK MANAGEMENT (QWL)

Elineuda de Sousa de Lima  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

## Resumo

O motivo da escolha do tema (QVT) foi uma maneira de mostrar a importância e a relevância para a vida das pessoas e para o sucesso das organizações. Conceituar qualidade de vida no trabalho visando educar os leitores, assim como as pessoas no geral e principalmente chefes de empresas, ajudando-lhes a entender o que está realmente em jogo quando se fala de qualidade de vida no trabalho. Também foi de suma importância destacar os benefícios e mostrar que investir na QVT pode resultar em maior produtividade, satisfação dos funcionários e retenção de talentos. Outro motivo importante da escolha do tema foi explorar os componentes da qualidade de vida no trabalho e discorrê-los de forma mais detalhada e explicativa, abordando os desafios que uma empresa pode enfrentar quando se tem o objetivo de proporcionar qualidade de vida aos seus colaboradores. A revisão bibliográfica do tipo qualitativa e descritiva fazendo a busca refinada de artigos em sites acadêmicos foi o principal meio usado para a pesquisa e conhecimento mais aprofundado do assunto.

**Palavras-chave:** Comprometimento Organizacional, Qualidade de vida no trabalho, Investimento, Estratégia, Reconhecimento.

## Abstract

The reason for choosing the theme (QWL) was a way to show the importance and relevance to people's lives and the success of organizations. Conceptualize quality of life at work aiming to educate readers, as well as people in general and especially heads of companies, helping them to understand what is really at stake when it comes to quality of life at work. It was also from It is extremely important to highlight the benefits and show that investing in QWL can result in greater productivity, employee satisfaction and talent retention. Another important reason for choosing the theme was to explore the components of quality of life at work and discuss them in a more detailed and explanatory way, addressing the challenges that a company can face when it aims to provide quality of life for its employees. The bibliographic review of the qualitative and descriptive type, performing a refined search for articles on academic websites was the main means used for research and deeper knowledge of the subject.

**Keywords:** Organizational Commitment, Quality of life at work, Investment, Strategy, Recognition.



## 1. INTRODUÇÃO

O tema escolhido para este trabalho acadêmico foi “qualidade de vida no trabalho”, pois tem se tornado de grande relevância nos dias de hoje, está intrinsecamente ligada ao bem-estar dos trabalhadores e ao desempenho das organizações. No contexto atual, onde as demandas profissionais são cada vez mais complexas e as pressões do ambiente de trabalho podem ser avassaladoras, compreender e promover a qualidade de vida no trabalho se torna crucial.

Falar sobre Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) tem se tornado cada dia mais importante para compreender o impacto que pode gerar numa organização. Observar como a QVT afeta a satisfação, motivação, saúde e bem-estar dos colaboradores em uma organização que avalia as práticas e políticas organizacionais, Identificando desafios e oportunidades. Destacar os desafios que as organizações enfrentam para Proporcionar a QVT e promover a conscientização das demais.

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo explorar e analisar os diversos aspectos que compõem a qualidade de vida no trabalho, investigando fatores que afetam positiva e negativamente a experiência dos trabalhadores. Ao longo deste estudo, será discutido o impacto da qualidade de vida no trabalho nas organizações, bem como as estratégias e práticas que podem ser implementadas para melhorar o bem-estar dos funcionários.

A qualidade de vida no trabalho não é apenas um conceito teórico, mas uma preocupação concreta que influencia a satisfação dos trabalhadores, a retenção de talentos, a produtividade e, conseqüentemente, o sucesso das empresas. Neste TCC, buscaremos explorar os desafios e oportunidades que a gestão da qualidade de vida no trabalho apresenta, considerando aspectos como equilíbrio entre vida pessoal e profissional, condições de trabalho, relacionamento interpessoal e desenvolvimento profissional.

Por meio de revisão bibliográfica e uma análise aprofundada, este estudo busca contribuir para a compreensão do tema e mostrar a importância da qualidade de vida no trabalho e que não pode ser subestimada. Este TCC pretende lançar luz sobre as estratégias que podem levar a uma transformação positiva tanto para os trabalhadores quanto para as organizações que os empregam.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

Este trabalho foi elaborado através de revisão bibliográfica do tipo qualitativa e descritiva de artigos publicados nos últimos dez anos. Pesquisados no Google acadêmico, periódicos CAPES, revistas no Google e um livro, que mesmo não sendo nesse período, mas que foi de grande relevância e importância para a elaboração do mesmo, pois é de uma autora de grande conhecimento do assunto e obteve grande destaque em suas pesquisas e áreas de atuação. Eda conte Fernandes, é Doutora em Administração pela USP. Nessas pesquisas, o objetivo principal foi o de buscar os melhores conceitos para QVT, contextualizando no meio empresarial e apresentar itens de gestão que beneficiem na qualidade de vida no trabalho e que proporcionem um melhor desempenho e produtividade. Foi usado como palavras-chave: Comprometimento Organizacional, Qualidade de vida no trabalho, Investimento, Estratégia e Reconhecimento.



## 2.1 Resultados e Discussão

### 2.1.1 Objetivo geral ou primário

O objetivo de analisar a gestão do trabalho como uma estratégia para obter qualidade de vida e entender como as práticas e políticas de gestão podem afetar as qualidades positivas o bem-estar dos trabalhadores, tem várias funções como: Melhorar a qualidade de vida dos funcionários que Ao compreender como a gestão do trabalho influencia a vida dos colaboradores, é possível implementar mudanças que promovam um ambiente de trabalho mais saudável, equilibrado e poderoso e aumentar a produtividade e a eficiência pois uma gestão do trabalho que promove a qualidade de vida dos funcionários tende a resultar em colaboradores mais engajados.

Avaliar o impacto da carga de trabalho: Analisar como a carga de trabalho, incluindo a quantidade de horas trabalhadas, prazos apertados e a distribuição de tarefas, influencia o equilíbrio entre trabalho e vida pessoal dos funcionários.

Investigar práticas de conciliação. Estudar políticas de saúde e medir os efeitos do estresse e do esgotamento (FERNANDES, 1996, p. 29-34).

Com isso é possível observar como o desenvolvimento sócio-histórico do conceito e da aplicação da qualidade de vida no trabalho evoluiu. Segundo Robbins (2008), o cuidado com as pessoas é necessário e compreendido pelo profissional capacitado nessa área de gestão, pois são as pessoas que cuidam para que o negócio exista. Portanto, a gestão de pessoas surge como uma nova forma de colocar em prática formas eficientes baseadas na inovação com o tratamento de equipes de trabalho e motivação, sempre buscando recursos que possam garantir a eficiência e a adição da organização.

Foi com a chegada da globalização e o avanço da tecnologia que houve um aumento significativo na competitividade entre as empresas; com isso, as organizações passaram a exigir e buscar o melhor desempenho de seus funcionários. Mas para que haja melhor desempenho das equipes de trabalho, é preciso que haja também motivação. Hoje, as empresas que buscam melhores resultados estão sempre buscando opções que motivem e valorizem seus colaboradores (MAGALHÃES *et al.*, 2021, p. 8).

Investir em melhor qualidade de vida pode significar investir em estratégias de sucesso para o futuro da empresa, por meio de uma gestão de qualidade eficiente, pautada no objetivo de zelar por sua equipe de trabalho. Segundo Veiga *et al.* (2017), não existe uma forma de se estabelecer um padrão de qualidade de vida que seja padronizado como excelente para todos, já que cada um possui as suas necessidades. Entretanto, é possível criar meios de tentar fazer o que estiver ao alcance da empresa para que exista nesse ambiente um desejo real das equipes de se manterem ativas e motivadas (MAGALHÃES *et al.*, 2021, p. 9).

Com inúmeras exigências do mercado de trabalho e até mesmo na vida pessoal dos colaboradores de uma organização, realmente se torna necessária uma gestão externa para cuidar das pessoas, pois cada vez mais há uma sobrecarga de compromissos levando as pessoas a terem diversos problemas com a saúde por exemplo.



## 2.1.2 Objetivos específicos ou secundários

### 2.1.2.1 Objetivo 1

Alguns conceitos de QVT foram levados em consideração para usar como exemplos neste trabalho com o objetivo de explicar e fazer com que compreendam como as condições e o ambiente de trabalho afetam o bem-estar dos funcionários. A qualidade de vida no trabalho refere-se à satisfação, ao equilíbrio entre a vida pessoal e profissional, à saúde física e mental e ao desenvolvimento pessoal dos trabalhadores no seu local de trabalho.

A qualidade de vida no trabalho não é uma necessidade trabalhada apenas dentro da organização. Ela vai além das fronteiras dela! Na maioria das vezes envolvem atividades e medidas que precisam ser implementadas fora do ambiente de trabalho. Isto porque, como Chiavenato (2014, p. 154), expõe QVT é: Um conjunto de ações de uma empresa envolvendo diagnóstico e implantação de melhorias e inovações gerenciais, tecnológicas e estruturais dentro e fora do ambiente de trabalho, visando a propiciar condições plenas de desenvolvimento humano antes e durante a realização do trabalho (SANTOS *et al.*, 2020, p. 259).

Além disso, também abordamos a motivação, o engajamento e a produtividade dos funcionários. Ao apresentar o conceito de qualidade de vida no trabalho, os objetivos incluem:

1. Sensibilizar as organizações para a importância de criar um ambiente de trabalho que promova o bem-estar dos funcionários.
2. Conscientização, explicar o que é qualidade de vida no trabalho e por que é importante, isso ajuda a sensibilizar as pessoas para a questão e a entender sua relevância.
3. Promoção da Saúde e Bem-Estar, destacar a importância de promover a saúde física e mental dos funcionários no ambiente de trabalho. Isso pode incluir estratégias como programas de bem-estar, políticas de equilíbrio entre trabalho e vida pessoal e ambientes de trabalho saudáveis.
4. Engajamento e Produtividade, mostrar como a qualidade de vida no trabalho pode aumentar o engajamento dos funcionários e, por consequência, melhorar a produtividade. Funcionários comprometidos tendem a ser mais produtivos e comprometidos.
5. Redução do Estresse, abordar maneiras de reduzir o estresse no trabalho, como a gestão adequada da carga de trabalho, a promoção da resiliência e a criação de um ambiente de trabalho com suporte emocional.
6. Equilíbrio Entre Trabalho e Vida Pessoal, destaca a importância de permitir que os funcionários equilibrem suas responsabilidades no trabalho com suas vidas pessoais. Isso inclui flexibilidade de horários, licenças familiares e outros benefícios que promovem esse equilíbrio.
7. Desenvolvimento Profissional, mostrar como a qualidade de vida no trabalho pode estar ligada ao desenvolvimento profissional e à aprendizagem contínua. Isso pode incluir oportunidades de treinamento, desenvolvimento de habilidades e progressão na carreira.
8. Ambiente de Trabalho Seguro, enfatizando a importância de criar um ambiente de trabalho seguro e saudável, tanto em termos de segurança física quanto de saúde

mental.

## 9. Motivação e Satisfação dos Funcionários.

Verifica-se que ainda não há uma definição precisa e consensual, na literatura científica sobre a qualidade de vida no trabalho (QVT), uma vez que a implementação desse tema em nosso país e em nossas instituições ainda é principiante. Muitos pesquisadores defendem que a qualidade de vida no trabalho pode ser entendida com uma estratégia, cuja “meta principal de tal abordagem volta-se para a conciliação dos interesses dos indivíduos e das organizações, ou seja, ao mesmo tempo em que melhorou a satisfação do trabalhador, melhora a produtividade da empresa” (FERNANDES, 1996; CARVALHO *et al.*, 2013, p. 24).

De acordo com Chiavenato (1999), a qualidade de vida tem se tornado um fator de grande importância nas organizações e está diretamente relacionada à maximização do potencial humano, e depende de tanto bem que as pessoas se sintam trabalhando na organização. Nesse sentido, uma organização que se preocupa e tem ações voltadas à qualidade de vida de seus funcionários passará confiança aos mesmos, pois são organizações que se preocupam com o bem estar, satisfação, segurança, saúde e a motivação de seus funcionários (BORTOLOZO; SANTANA, 2011; CARVALHO *et al.*, 2013, p. 23).

A QVT tem sido uma preocupação constante na sociedade atual, diversos fatores influenciam a qualidade de vida do indivíduo moderno, constituindo seu meio ambiente social, físico e psíquico, e podem ser identificados como: a família, as condições ambientais e de saúde, o lazer, a cultura, as políticas governamentais, a educação, o próprio indivíduo e, finalmente, o trabalho (FARIA; DAVID, 2007; AGAPITO; POLIZZI FILHO; SIQUEIRA, 2015). Esse cenário, o termo QVT significa as escolhas e a percepção referente ao bem-estar e aos hábitos saudáveis, tanto familiares quanto organizacionais, em um ambiente que seja ético e sustentável. Diante desta definição, destaca-se que não existem formatos impreterivelmente de gestão de bons ou ruins, este caso vai depender da interpretação de bem-estar de cada trabalhador (EASTON; VAN LAAR, 2012; XHACOLLARI, 2013; AGAPITO; POLIZZIHO; SIQUEIRA, 2015), o que está relacionado à importância e visão que o trabalhador tem da organização, o que pode impactar no seu CO (LÍRIO *et al.*, 2018, p. 36).

Com isso, entende-se que apesar de diferentes autores, conceituar qualidade de vida no trabalho usando palavras ou termos diversificados, conclui-se que leva ao mesmo significado e que é necessário ter uma troca de interesse para que haja uma contribuição das partes envolvidas.

### 2.1.2.2 Objetivo 2

O objetivo de contextualizar a gestão da qualidade no meio empresarial é estabelecer um quadro de referência que explique a importância e a aplicabilidade dos princípios de gestão da qualidade em organizações comerciais e industriais. A contextualização serve para demonstrar como a gestão da qualidade pode ser uma ferramenta estratégica fundamental para atingir os objetivos de negócios e a satisfação dos clientes.

A QVT assimila duas posições antagônicas: de um lado, a reivindicação dos colaboradores quanto ao bem-estar e a satisfação no trabalho e, de outro, o interesse das organizações quanto aos seus efeitos positivos e potencializadores sobre a produtividade e a qualidade no trabalho (CHIAVENATO, 2014a, p. 154;



Considerando que somos seres em constante formação, buscando por meio do trabalho sentir que fazemos parte de uma sociedade no caminho da evolução, percebemos que o trabalho e tudo o que vem junto com ele toma uma proporção cada vez maior no nosso cotidiano. Ao buscarmos suprir desde as nossas necessidades mais básicas como alimentação e moradia, até as secundárias como estimativa e auto realização percebemos o quanto a atividade laboral está intimamente ligada ao alcance dessas, pois, é por meio do trabalho que buscamos a independência financeira, o sustento de nossas famílias, a Revista Mundi Sociais e Humanidades. Curitiba, PR, v.4, n.2, 59, ago./ dez., 2019. 59-6 reconhecimento profissional e o sentimento de pertencimento a um grupo, a uma sociedade (SCHMIDT *et al.*, 2019, p. 59) .

A contextualização da Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) no meio empresarial envolve a compreensão e aplicação dos princípios e práticas relacionadas à melhoria do bem-estar dos colaboradores no ambiente de trabalho. A QVT se concentra em promover um ambiente de trabalho saudável, que considere as necessidades físicas, emocionais, sociais e profissionais dos funcionários.

A produtividade de uma organização é influenciada pela motivação de seus funcionários. A valorização do capital humano é primordial para o desenvolvimento organizacional. Momento em que a empresa identifica os fatores que melhoram para a satisfação, realização e desenvolvimento do indivíduo e utiliza isso como ferramenta essencial para o alcance de seus objetivos de mercado. executável. Um ambiente sem inovação e sem liberdade de participação dos trabalhadores prejudicados diretamente no bem estar de todos e principalmente no rendimento do trabalho. O desafio de uma organização é identificar o que motiva cada indivíduo e fornecer ações de melhorias na qualidade de vida no trabalho que solucione os problemas existentes e torne sua equipe apta a desempenhar seu ofício com excelência (RIBEIRO *et al.*, 2015, p. 81 - 82).

É importante contextualizar a Qualidade de Vida no Trabalho (QVT) no meio empresarial por vários motivos, pois refere-se ao conjunto de ações e práticas adotadas pelas empresas para promover o bem-estar dos funcionários no ambiente de trabalho e é benéfico para todos os envolvidos. Na falta de QVT pode ser ocasionada diversas limitações e consequências na vida do trabalhador.

Dentre as doenças que acometem esta população, pode-se destacar o constante crescimento das Lesões por Esforços Repetitivos (LER), conhecidas no Brasil também como Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) e Transtorno Traumático Cumulativo (TTC). Estas se referem a uma categoria mais comum de doenças do trabalho, podendo afetar trabalhadores dos mais diversos ramos da atividade econômica, ocupações profissionais e níveis de escolaridade (RODRIGUES *et al.*, 2013, n.p.).

Aqui estão alguns dos principais objetivos de contextualizar a gestão da qualidade no meio empresarial:

1. Melhoria da eficiência operacional: A gestão da qualidade ajuda as empresas a identificar ineficiências e aprimorar seus processos internos, resultando em uma operação mais eficiente e, em última instância, em redução de custos.
2. Satisfação do Cliente: Garantir que os produtos e serviços atendam ou superem as expectativas dos clientes, resultando em maior satisfação e fidelização.

3. Aumento da produção, fazendo com que a empresa tenha condições de aumentar a demanda de produção.

A qualidade de vida e a felicidade no trabalho se referem ao bem-estar e à satisfação dos indivíduos no ambiente profissional. Aqui estão algumas das principais áreas e fatores relacionados à qualidade de vida e felicidade no trabalho: Ambiente de Trabalho Saudável: Isso inclui ter um ambiente físico seguro, limpo e saudável, bem como um clima organizacional positivo, onde os funcionários se sentem respeitados e apoiados. e Equilíbrio entre a vida pessoal profissional (DAL FORNO et al., 2015, p. 106-107).

Apesar da falta de consenso teórico e da utilização dos termos como inconvenientes, especialmente das relações entre “qualidade de vida e bem-estar” e “bem-estar e felicidade”, salienta-se que estes são sim construções diferentes, entretanto, complementares. Percebe-se que a qualidade de vida é mais voltada à saúde física e às questões objetivas, tais como aspectos ergonômicos e nutricionais, e menos relacionadas com emoções e sentimentos. Nesse sentido, a promoção de bem-estar e da felicidade, conceitos considerados mais subjetivos, supra as lacunas relacionadas às emoções e sentimentos dos trabalhadores, pois inclui as questões subjetivas menos atendidas pela promoção da qualidade de vida no trabalho. Ao final compreende-se que a composição promovida pelas três características é que promoverá a possibilidade de construção de uma organização saudável, onde o princípio base é o equilíbrio e alinhamento entre qualidade de vida, bem-estar e felicidade, produtividade, qualidade e rentabilidade organizacional (CSIKSZENTMIHALYI, 2004; FARSEN *et al.*, 2018, p. 37-38).

### 2.1.2.3 Objetivo 3

O objetivo de apresentar itens de gestão que beneficiam a qualidade de vida no trabalho e, conseqüentemente, proporcionar um melhor desempenho e produtividade, é promover a implementação de práticas e políticas que aprimorem o ambiente de trabalho e o bem-estar dos funcionários. Essas iniciativas visam alcançar os seguintes objetivos:

1. Melhorar a satisfação dos funcionários: Ao adotar práticas que promovem um ambiente de trabalho saudável e agradável, as empresas podem aumentar a satisfação dos funcionários, tornando-os mais engajados e motivados.
2. Reduzir o estresse.
3. Comunicação eficaz: Fomentar uma comunicação aberta e transparente, promovendo uma troca de ideias, feedback e informações claras entre todos os níveis de organização.
4. Equilíbrio entre vida pessoal e profissional: Oferece flexibilidade de horários, permitindo que os funcionários conciliem suas responsabilidades no trabalho e em casa. Ainda são enfrentadas algumas dificuldades no momento de implantação de programas de gestão da qualidade de vida, pois as pessoas, na maioria das vezes, são resistentes a mudança, carga de trabalho excessiva, comunicação deficiente, falta de reconhecimento e recompensa...

Timossi (2006, p. 5) as dificuldades estão relacionadas à aversão que as pessoas têm às mudanças. Para o autor, “muitas vezes essas resistências podem não ser intencionais, e sim uma resposta involuntária à insegurança gerada pelas mudanças que virão”. Assim, a maneira como a mudança é apresentada é fundamental para a minimização da resis-





tência, sendo que “não se pode colocar a implementação de um programa ou um novo sistema organizacional como condição imposta, isso poderia levar a um processo inicial de destruição” (TIMOSSI, 2006, p. 5) Lisondo (2005 apud Timossi 2006, p.5), por sua vez, afirma que “as resistências podem ser potencializadas ou amenizadas pela cultura organizacional, pelos modelos de gerenciamento e pelo estilo de liderança, principalmente na relação entre gestores e colaboradores” (CARRERA et al., 2019, p. 71).

Para que se alcance a meta competitiva é necessário, portanto, que os indivíduos estejam satisfeitos com suas atividades no ambiente de trabalho. Robbins (2005, p. 61) define que a satisfação com o trabalho refere-se “a atitude geral de uma pessoa em relação ao trabalho que ela realiza”. O Autor descreve ainda que “uma pessoa que tem alto nível de satisfação com seu trabalho, apresenta atitudes positivas com relação a ele” (CARRERA et al., 2019, p. 61).

Nem todas as estratégias para melhorar a gestão da qualidade de vida no trabalho vão exigir recursos financeiros. Existem atividades de caráter orientativo que podem ser usadas para educar os colaboradores em relação ao QVT.

Chiavenato (1999 apud Rossi 2011, p. 7), lembra que os programas de QVT não precisam necessariamente demandar muitos recursos econômicos, semelhantes aos que são implantados por grandes empresas.

Para o autor, há diversas atividades de caráter orientativo, que se referem “a qualidade da alimentação, exercícios físicos, dietas alimentares, controle de pressão arterial, entre outros, bem como garantir a manutenção do clima organizacional”. Assim, todas estas atividades podem gerar benefícios para a qualidade de vida dos trabalhadores (CARRERA et al., 2019, p. 69).

Sim, a competitividade é, de fato, um aspecto fundamental para o sucesso das empresas. A capacidade de uma empresa competir eficazmente no mercado é essencial para o seu crescimento e sustentabilidade a longo prazo. Aqui estão algumas razões pelas quais a competitividade desempenha um papel crucial: Sobrevivência no mercado: Em mercados altamente competitivos, as empresas que não são competitivas podem enfrentar dificuldades financeiras e, em última instância, sair do mercado. e o Crescimento e lucro, pois toda empresa depende de seus lucros para se manter no mercado (SOUZA, 2015, p. 122).

Ainda com muitas dificuldades na gestão da QVT, é sempre recomendado que se busquem alternativas de melhorar a competitividade das empresas, pois a implantação de programas sempre será positiva tanto para o colaborador quanto para a organização, principalmente em tempos de crise (CLAUDINO et al., 2021, pág. 5-6).

O controle de QVT visa promover um clima organizacional mais estável, uma atmosfera psicológica positiva, ou seja, entender que este clima está ligado à satisfação e à motivação, que faz parte do processo de equilíbrio emocional dos funcionários. Esse clima organizacional faz menção à percepção que os funcionários têm sobre o ambiente de trabalho, ou que cada colaborador sente em relação à empresa, podendo ser um ambiente positivo ou negativo (CHIAVENATO, 2010; OLIVEIRA, CARVALHO; ROSA, 2012; FERREIRA et al., 2017, pág.

Manter o colaborador motivado não é fácil, mas é uma das melhores estratégias para colaborar com o crescimento da empresa e um bom clima organizacional.

Segundo Chiavenato (2003), o comportamento humano é motivado. A motivação é

uma tensão persistente que leva o indivíduo a alguma forma de comportamento voltada para a satisfação de uma ou mais necessidades. A satisfação da necessidade é diretamente proporcional ao estado de equilíbrio. Porém quando este ciclo não se completa este conflito pode ser resolvido a partir de três maneiras diferentes: -Satisfação da Necessidade: Ocorre quando o ciclo se fecha plenamente.

- Frustração da Necessidade: A partir do estado de tensão no organismo, o ciclo é bloqueado impedindo a satisfação e provocando a frustração.
- Compensação da necessidade: Quando o ciclo está bloqueado, o impedimento da satisfação é compensado por um desvio em contato para aliviar a tensão (MORAES, 2004; DA COSTA et al., 2017, p. 25).

É importante destacar a importância desse contexto para o sucesso das organizações, pois é necessário dar ênfase na gestão da qualidade de vida no trabalho. A gestão da qualidade de vida no trabalho é um elemento crucial para o sucesso das organizações. Ela desempenha um papel fundamental em diversos aspectos que afetam o desempenho, a produtividade e a satisfação dos funcionários.

### 3. CONCLUSÃO

Conclui-se que, quando se tem uma boa gestão e que se preocupa com a qualidade de vida no trabalho, a empresa alcança diversos objetivos: A produtividade é elevada, ou seja, funcionários que desfrutam de qualidade de vida tendem a ser mais produtivos, pois estão motivados e engajados em suas tarefas.

A empresa tem menor rotatividade de funcionários que conseqüentemente a maior retenção de talentos, equilíbrio emocional e social dos colaboradores, aumento da satisfação com seu trabalho, funcionários mais saudáveis que em conseqüência diminuem as faltas por problemas de saúde, maior criatividade por parte dos mesmos, cumprimento de metas, dentre outros.

Com o estudo realizado através de pesquisa bibliográfica de diversos artigos e revisão de autores diferentes, os objetivos foram cumpridos, pois apesar de existirem diversas formas de se referir a QVT de acordo com as obras estudadas, mas que remetem ao mesmo conteúdo e entendimento do que possa ser o conceito de qualidade de vida no trabalho, ficou claro para o leitor e explicou simplificada e o que é QVT, como aplicar numa organização e seus efeitos.

A qualidade de vida no trabalho no geral abrange os aspectos sociais, organizacionais, ambientais, políticos, psicológicos, ergonômicos, dentre outros que envolvem a influência na vida do ser humano dentro de uma organização.

### Referências

- CARRERA, Luiz Carlos Marque et al. **Os benefícios e dificuldades na gestão da qualidade de vida no trabalho**. Administração de Empresas em Revista, [S.l.], v. 1, n. 15, p. 60-76, abr. 2019. ISSN 2316-7548. Disponível em: <https://revista.unicuritiba.edu.br/index.php/admrevista/article/view/3656>. Acesso em: 10 out. 2023.
- CARVALHO, Jéssica Faria et al. **Qualidade de vida no trabalho e fatores motivacionais dos colaboradores nas organizações**. Educação em foco, v. 7, n. 1, p. 21-23, 2013.
- CLAUDINO, Danillo Tito Franco et al. **O impacto de Programas de Qualidade de Vida no Trabalho em tempos de crise**. Research, Society and Development, v. 10, n. 17, p. e232101724881-e232101724881, 2021.



- DA COSTA, A. F. *et al.* **Fatores motivacionais: contribuição para o sucesso das empresas.** 2017.
- DAL FORNO, Cristiano; DA ROSA FINGER, Igor. **Qualidade de vida no trabalho: conceito, histórico e relevância para a gestão de pessoas.** Revista brasileira de qualidade de vida, v. 7, n. 2, 2015.
- DE SOUZA, Erika Barboza. **Competitividade empresarial, gestão de pessoas e controle social: para pensar os dilemas da Qualidade de Vida no Trabalho (QVT).** Revista Espaço Acadêmico, v. 15, n. 172, p. 113-123, 2015.
- FARSEN, Thaís Cristine *et al.* **Qualidade de vida, Bem-estar e Felicidade no Trabalho: sinônimos ou conceitos que se diferenciam?** Interação em Psicologia, v. 22, n. 1, 2018.
- FERNANDES, Eda Conte. **Qualidade de vida no trabalho: como medir para melhorar.** Casa da Qualidade, 1996.
- FERREIRA, Geovani Batista; DIAS, Cátia Castro. **A importância da qualidade de vida no trabalho e da motivação dos colaboradores de uma organização.** Psicologia e Saúde em debate, v. 3, n. 2, p. 30-43, 2017.
- LÍRIO, Angélica Barbieri, Eliana Andréa Severo, and Julio Cesar Ferro De Guimarães. **“A Influência Da Qualidade De Vida No Trabalho Sobre O Comprometimento Organizacional.”** Gestão & Planejamento 19 (2018): 34-54. Web.
- MAGALHÃES, Daniele Alves; SILVA, Daniele Aparecida; ROSA, Reislá Lorena. **A importância do gestor de pessoas nas organizações: uma revisão bibliográfica sobre o cuidado com a qualidade de vida no trabalho a partir da motivação.** 2021
- RIBEIRO, Larissa Alves; SANTANA, Lídia Chagas de. **Qualidade de vida no trabalho: fator decisivo para o sucesso organizacional.** Revista de Iniciação Científica–RIC Cairu, v. 2, n. 02, p. 75-96, 2015.
- RODRIGUES, Bruna Caroline *et al.* **Limitações e consequências na vida do trabalhador ocasionadas por doenças relacionadas ao trabalho.** Rev Rene, v. 14, n. 2, p. 448-457, 2013.
- SCHMIDT, Karen Thaísa; VEIT, Yasmin Milene Dalmolin. **A atuação da gestão na qualidade de vida dos colaboradores.** Revista Mundi Sociais e Humanidades (ISSN: 2525-4774), v. 4, n. 2, 2019.
- SANTOS, Paula Rodrigues, Amanda Tamires Pereira de Sousa, and Nerci Maria Rezende. **“a qualidade de vida no trabalho-QVT.”** Multidebates 4.2 (2020): 256-262.



# 23

AS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DO  
PROGRAMA 5S NAS INDÚSTRIAS  
DIFFICULTIES IN IMPLEMENTING AND MAINTENANCE OF THE  
5S PROGRAM IN INDUSTRIES

Nerlane Cristina do Nascimento Lemos

## Resumo

O programa 5S ajuda as empresas a identificar e eliminar desperdícios em seus processos, o que pode levar a uma redução significativa de custos operacionais. Isso inclui economias em estoques necessários, retrabalho, entrega excessiva de materiais e energia, entre outros. A organização e a padronização promovidas pelo 5S recomendados para a melhoria da qualidade dos produtos. Processos mais organizados e limpos geralmente resultam em menos erros e problemas de qualidade, o que, por sua vez, reduz retrabalho e devoluções. Diante desse contexto o objetivo geral desse estudo foi compreender as dificuldades encontradas na implantação e manutenção do Programa 5S em indústrias. A metodologia utilizada trata-se de uma revisão bibliográfica, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Acadêmico, Revista Eletrônica de Engenharia de Produção dentre outros, envolvendo a temática discutida. Conclui-se que para superar as dificuldades na implantação e manutenção do programa 5S não apenas ajuda a empresa a funcionar de maneira mais eficiente, mas também traz uma série de benefícios que podem ter um impacto positivo nos resultados financeiros e na satisfação de todos os envolvidos, desde os funcionários até os clientes.

**Palavras-chave:** Dificuldades, Implantação, Programa 5S, Indústria.

## Abstract

The 5S program helps companies identify and eliminate waste in their processes, which can lead to a significant reduction in operational costs. This includes savings on required inventories, rework, overdelivery of materials and energy, among others. The organization and standardization promoted by 5S recommended for improving product quality. More organized and cleaner processes generally result in fewer errors and quality issues, which in turn reduces rework and returns. Given this context, the general objective of this study was to understand the difficulties encountered in implementing and maintaining the 5S Program in industries. The methodology used is a bibliographic review, using a qualitative and descriptive method. The search was carried out using the following search engines Scientific Electronic Library Online (SciELO), Google Scholar, Revista Eletrônica de Engenharia de Produção among others, involving the topic discussed. It is concluded that overcoming difficulties in implementing and maintaining the 5S program not only helps the company to function more efficiently, but also brings a series of benefits that can have a positive impact on the financial results and satisfaction of everyone involved. from employees to customers.

**Key-words:** Difficulties, Implementation, 5S Program, Industry.



## 1. INTRODUÇÃO

Diante de um mercado altamente competitivo, muitas empresas, nos mais diversos ramos de atividades, têm se centralizado em abordagens de melhorias de processo de produção e ferramentas de qualidades, ou seja, qualidade total no processo produtivo. Na busca desta excelência, surge a filosofia 5S, que busca promover uma política de disciplina na empresa através da responsabilidade e consciência de todos envolvidos, de forma a tornar o ambiente agradável, seguro, produtivo, minimizando perdas e desperdícios na empresa.

Algumas empresas ainda fracassam na implantação do programa 5S devido à falta de compreensão dos conceitos da ferramenta; à falta de um plano estratégico; à pressa na execução; e ao fato de encarar o 5S como uma ferramenta pronta, que não precisa de uma manutenção ou um acompanhamento; dentre outros. O principal motivo para implantação deste programa em uma empresa é proporcionar a redução dos desperdícios, bem como melhorias no padrão de qualidade, aumento de produtividade e aumento da motivação dos trabalhadores envolvidos.

O programa 5S tornou-se mais que importante, pois é uma técnica que estimula a qualidade dentro da organização, provocando diversas melhorias no âmbito industrial. Esse programa está ligado diretamente à mudança de comportamento dos funcionários envolvidos e pela busca de um ambiente de trabalho agradável. Sendo assim, as empresas têm visto no programa uma forma de integração dos funcionários e padronização das atividades, por isso ele tem sido amplamente difundido.

Nota-se a proposta do sistema 5S, que proporciona diversos benefícios para as empresas, pois preço, logística, inovação, atendimento, segurança e qualidade são os fatores primordiais para manter as empresas competitivas. Portanto, a questão que orienta essa pesquisa é: Quais as dificuldades de implantação e manutenção do Programa 5S em indústrias?

No objetivo geral do presente estudo foi compreender as dificuldades encontradas na implantação e manutenção do Programa 5S em indústrias. Além dos objetivos específicos que são descrever a origem e a evolução dessa ferramenta de qualidade; citar a implantação do programa bem como dificuldades da implantação e para manter a manutenção dessa ferramenta. E por fim demonstrar a importância e os benefícios que o programa 5S pode proporcionar para as empresas.

De acordo com o proposto trata-se de uma revisão bibliográfica que foi extraída de matérias já publicadas, utilizando como método qualitativo e descritivo. A busca foi realizada por meio dos seguintes buscadores Scientific Electronic Library Online (SciELO), Revista Científica de Engenharia 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 2013 até 2022. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, na língua portuguesa.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.2.1 Programa 5S

Toda empresa busca o reconhecimento do mercado e o desenvolvimento pessoal, mas isso não é algo fácil de superar, principalmente no mundo cada vez mais competitivo de hoje. Podemos expressar a produtividade de uma firma pelo quociente entre o que a firma produz (“output”) e o que ela consome (“input”). Sabendo que aumentar a produtividade significa produzir mais e melhores produtos com cada vez menos recursos, enfatizando que a produtividade melhora com a melhoria da qualidade.

O programa 5S é uma ferramenta de qualidade que teve origem no Japão, no início dos anos 50. Seu nome provém das palavras japonesas *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shit-suke*. Ao traduzir essas palavras ao português nominou como sensos: de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina, respectivamente para manter o nome original do programa e também para refletir uma ideia de mudança comportamental, pois é preciso “sentir” a necessidade de fazer (SILVA, 2014).

“O 5S é uma técnica japonesa, um estilo de vida, um jeito especial de viver” (ARAÚJO, 2017, p. 98). Segundo alguns pensadores, o 5S traz para a vida toda uma mudança no comportamento das pessoas, não sendo apenas um evento gerenciado pela empresa, mas sim uma maneira nova de gestão de pessoas, atingindo assim grandes benefícios de produtividade.

Organização, limpeza e disciplina, são uns dos principais objetivos do programa, que acabam influenciando diretamente o nosso desempenho, juntamente com: melhoria do ambiente de trabalho, prevenção de acidentes, incentivo a criatividade, redução de custos, eliminação de desperdícios, desenvolvimento do trabalho em equipe, melhoria nos relacionamentos e melhoria da qualidade de produtos e serviços, atribuindo benefícios tanto para a empresa quanto para o colaborador. Lembrando que não devemos confundir o programa com uma simples faxina, é necessário manter o ambiente arrumado e limpo diariamente.

Organização, limpeza e disciplina são alguns dos principais objetivos do programa, que acabam impactando diretamente em nosso desempenho, como: melhorar o ambiente de trabalho, prevenir acidentes, estimular a criatividade, reduzir custos, eliminar desperdícios, desenvolver o trabalho em equipe, melhorar, melhorar produtos e qualidade de serviços, traz benefícios para a empresa e os funcionários. Lembre-se, não convém confundir planejamento com limpeza simples, é preciso manter o ambiente sempre arrumado e limpo todos os dias.

Segundo Moura, Silveira e Boccaletti (2013), o 5S se adequa ao que uma empresa precisa para obter um resultado positivo, envolvendo a força de trabalho dos envolvidos no ambiente de trabalho, beneficiando a qualidade do serviço e aumentando a produtividade.

De acordo com Falconi (2014), o 5S não é apenas uma ferramenta de qualidade no trabalho, mas pode ser considerado uma filosofia de vida, um valor cultural. Ele é um programa baseado em treinamento, prática em grupo e educação, que envolve todas as pessoas da empresa, desde o presidente até os operadores, devendo ser liderado pela administração da instituição.

No processo de implantação do programa 5S, esse último proporciona a remoção de objetos que não são mais úteis na empresa, contribuindo para a limpeza e organização no local de trabalho, proporcionando uma melhor qualidade de vida aos trabalhadores em

seu ambiente de trabalho. Porém, para obter essas transformações positivas, é necessário que seja rompido com persistência e com tempo a mudança cultural das pessoas, por isso a dificuldade de implantação do programa (LAES; HAES, 2016).

O programa 5S é uma ferramenta que proporciona o desenvolvimento de uma cultura de organização dentro das empresas e que abrange todos os setores de uma forma simples, eficaz e de baixo custo (ZIARESKI, 2013).

Para Campos (2018), implantar o 5S é uma boa forma de facilitar e aperfeiçoar o gerenciamento da rotina e o crescimento das pessoas em um ambiente de economia, organização, limpeza e disciplina, fatores que elevam à produtividade. Assim, os resultados obtidos através desse programa eliminam atividades que não agregam valor, elevando o nível de qualidade dos produtos. A Figura 1 representa os 5 sentidos com as denominações japonesa e suas respectivas traduções para o português.

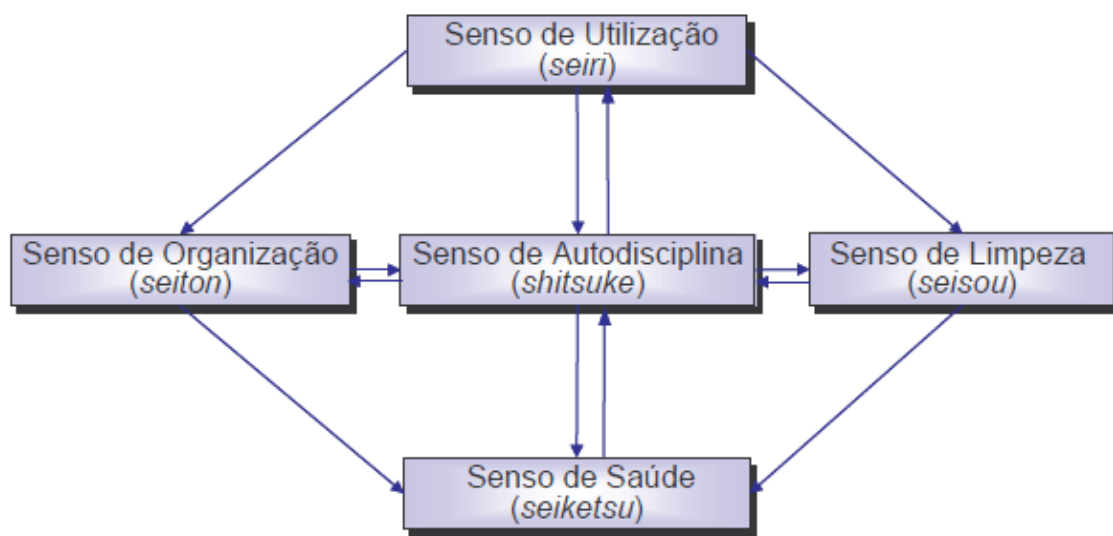


Figura 1. O Programa 5S como um sistema

Fonte: Duarte (2016)

Existem muitos registros de sucesso acerca da modificação positiva do ambiente de trabalho ou, implantação de sistemas de gestão de qualidade após a empresa aderir à ferramenta 5S. Com isso, na literatura em geral, é de comum acordo as empresas implantarem primeiramente o 5S, para depois implantarem qualquer outro tipo de inovação e melhoria (WARKENTIN, 2015).

Segundo Araújo (2017), com o objetivo de viabilizar a melhoria contínua numa instituição, é muito importante aderir à cultura e rotina da empresa os cinco sentidos:

1. Seiri - Senso de utilização: o principal objetivo da primeira etapa do programa 5S é tornar o ambiente de trabalho mais útil e menos poluído, tanto visualmente como espacialmente. Para tal, deve-se classificar os objetos ou materiais de trabalho de acordo com a frequência com que são utilizados para, então, rearranjá-los ou colocá-los em uma área de descarte devidamente organizada. O resultado desse primeiro passo do programa 5S é um ambiente de trabalho estruturado e organizado de acordo com as principais necessidades de cada empresa.
2. Seiton - Senso de organização: o segundo passo do programa 5S é uma continuação do primeiro. Seu conceito chave é a simplificação. A partir da organização espacial previamente feita, essa etapa visa dar aos objetos que são menos utiliza-

dos um local em que eles fiquem organizados e etiquetados. Assim, agilizam-se os processos e há maior economia de tempo

3. Seiso – senso de limpeza: o terceiro item do processo 5S consiste na limpeza e investigação minuciosa do local de trabalho em busca de rotinas que geram sujeira ou imperfeições. Qualquer elemento que possa causar algum distúrbio ou desconforto (como mau cheiro, falhas na iluminação ou barulhos) deve ser consertado. O principal resultado é um ambiente que gera satisfação nos funcionários, por trabalharem em um local limpo e arrumado, além de equipamentos com menos possibilidades de erros ou de quebra por conta da conscientização para melhorar o ambiente.
4. Seketsu – Senso de saúde: o quarto conceito do programa 5S consiste na manutenção dos três iniciais, gerando melhorias constantes para o ambiente de trabalho. Nessa etapa, deve-se definir quem são os responsáveis pela continuidade das ações das etapas iniciais do processo 5S. Com um ambiente mais limpo, há grande chance de os funcionários também buscarem maior cuidado com o visual e com a saúde pessoal, garantindo ainda mais equilíbrio e bom desempenho no trabalho e contribuindo ainda mais para o andamento do processo rumo à qualidade total.
5. Shitsuke – Senso de disciplina: quando o quinto e último processo do programa 5S está em execução, quer dizer que o programa está em andamento perfeito. A disciplina, que pode ser considerada a chave do programa 5S, existe quando cada um exerce seu papel para a melhoria do ambiente de trabalho, do desempenho e da saúde pessoal, sem que ninguém seja cobrado por isso (ARAUJO, 2017, p.56).

O uso do programa 5S é de fundamental importância nos processos organizacionais auxiliando assim nas etapas de geração e organização de ideias, análise de dados, definição de estratégias e planos de ação e definição e priorização de ações.

### 2.2.2 Dificuldades da implantação e para manter a manutenção dessa ferramenta

Ferreira (2016) ressalta que para uma implantação efetiva e bem-sucedida do programa 5S, faz-se necessário definir um coordenador, que tenha ou busque conhecimentos sobre os cinco sentidos para planejar, treinar, orientar, acompanhar e controlar a equipe durante a execução das ações e avaliar os resultados e dificuldades.

Segundo Koloda, Degraf e Bertocco (2016), a aplicação dos sentidos deve ser sequencial, do senso de Utilização, seguido pelo senso de Ordenação e Limpeza, aplicando os conceitos do senso de Padronização e finalizando com os princípios do senso de Autodisciplina.

Silva (2014) ressalta que o sucesso da implantação do Programa depende da mudança de mentalidade e atitudes das pessoas. Valores como responsabilidade, organização, autodisciplina, foco na qualidade e respeito ao próximo precisam ser praticados todos os dias para que sejam observados os resultados obtidos através da mudança do comportamento pessoal.

Não existe uma metodologia definida para a implantação dos 5 sentidos, permitindo assim um planejamento das atividades de acordo com a realidade da corporação a ser implantado (SILVA, 2014).

Segundo Lima Junior *et al.* (2013) algumas orientações podem ser seguidas:

- Mesmo sob um bom planejamento e acompanhamento durante a implantação

do programa 5S, os objetivos podem não alcançar o sucesso esperado.

- A busca constante por ganhos de produtividade e redução de desperdício ao longo do processo são fatores determinantes para empresas que desejam se manter no mercado de forma competitiva e crescente desenvolvimento.
- A implantação de programas voltados a fornecer produtos e serviços de qualidade aos consumidores se tornou uma prática comum as organizações.
- Programas como o 5S se tornam atrativos devido a apresentarem uma proposta simples e de baixos custos para adequação das empresas aos seus conceitos, sendo que sua maior exigência é o envolvimento de todos os níveis hierárquicos da empresa para a execução das atividades como para a mudança de mentalidade para as medidas propostas.
- Algumas empresas apresentam resultados significativos quanto a custos, comportamento pessoal e satisfação no ambiente de trabalho.

No estudo apresentado por Wasyluk, Gonchorovski e Rigodanzo (2014) propôs-se a implantação do programa 5S em uma empresa metalúrgica de pequeno porte, sendo o marco inicial para inserir o um programa de gestão da qualidade. Buscou-se levantar os desperdícios e causas de não-qualidade ao longo do processo durante a implantação do conceito de cada senso e conscientização de todos os envolvidos direta ou indiretamente no processo produtivo.

O processo de implantação do programa ocorreu através de inspeções do local de trabalho, estruturação de um fluxograma das etapas de manufatura e reuniões com a pessoas de todos os níveis hierárquicos que já tiveram envolvimento com o processo afim de levantar pontos de melhoria no ambiente.

Os resultados obtidos foram mudança comportamental dos trabalhadores em relação a hábitos e práticas voltados a manutenção dos senso aplicados. A proposta apresentada por Coutinho e Aquino (2015), com a implantação do Programa 5S visa proporcionar aos trabalhadores de uma empresa de aços longos, um ambiente seguro e saudável para realização de suas atividades, beneficiando a empresa através do aumento da produtividade.

A implantação se deu a partir da definição do “Dia D” voltado a avaliação da utilização de materiais e ferramentas utilizados no processo, os itens obsoletos foram descartados e os itens indispensáveis foram realocados para uma área controlada. Algumas filosofias foram incorporadas como identificação de equipamentos e materiais, atribuição de responsabilidade pela conservação e limpeza do maquinário aos operadores, identificação e demarcação das áreas de circulação, promovendo assim atitudes seguras reduzindo acidentes, definição de cronogramas para execução de inspeções e realização de ações mantenedores dos senso.

Fatores que contribuíram para o sucesso da implantação dos senso na empresa foram a identificação e eliminação dos desperdícios ao longo do processo, ampliação do espaço físico através do descarte de mobília obsoleta e realocação dos equipamentos necessários permitindo assim eficiência na logística. Observou-se também a mudança de atitude dos funcionários da empresa quanto à qualidade e segurança, resultando em maior produtividade e redução de acidentes.

Cotian *et al.* (2015), propôs reduzir custos através da eliminação de excessos e estoque desnecessários, aumento da produtividade pela identificação e eliminação de desperdícios ao longo do processo de manufatura de uma empresa metalúrgica de pequeno porte.





A fase de implantação ocorreu através de um planejamento inicial para definição dos objetivos, seguido de treinamento de pessoal, divisão das áreas para avaliação e levantamento das necessidades, acompanhamento através de registro fotográfico da situação anterior ao início das melhorias, execução dos sensos na sequência apresentada pelo Programa 5S, avaliação e comparação através de registro fotográfico do “antes” e “depois” das atividades e acompanhamento visando manter as condições obtidas pela implantação do Programa 5S.

Iniciou-se a implantação do programa a partir do levantamento das necessidades da empresa através da aplicação de um questionário para proprietários e funcionários da empresa, seguido da compilação das informações e definição das ações voltadas a adequar e melhorar as áreas de estoque e venda da loja em relação a utilização, ordenação e limpeza. Foram definidos cronogramas e procedimentos para manutenção dos sensos aplicados na empresa.

Foi possível observar os ganhos obtidos através da organização de espaços, redistribuição de tarefas, identificação dos materiais e produtos proporcionando melhorias na gestão visual, satisfação por parte dos clientes, além de melhorias quanto a gestão e administração da empresa devido a mudança de mentalidade dos proprietários e funcionários.

Obteve-se resultados positivos em relação a produtividade e redução de custos durante o processo produtivo através da organização do ambiente e da mudança de mentalidade e práticas dos colaboradores da empresa.

Soares *et al.* (2015) apontam como um fator determinante ao insucesso do programa 5S a resistência a mudanças, assim como a impossibilidade de reunir a todos os trabalhadores afins de conscientizá-los da importância e resultados positivos obtidos com a implantação dos programas. Medidas como divulgação dos resultados, treinamentos e ações motivacionais devem ser adotadas a fim de manter o foco na manutenção dos sensos nas áreas aplicadas.

Para Silva *et al.* (2016), a falta de auditorias e inspeções por parte dos responsáveis, assim como a ausência de envolvimento e senso crítico para avaliação dos demais colaboradores levam a desacreditar os objetivos propostos pelo programa 5S, caracterizando o insucesso da implantação do programa.

Uma pesquisa realizada em 2000, pelo Sebrae, sobre Gestão pela Qualidade Total nas pequenas e médias empresas do terceiro setor, verificou que 72% dos programas 5S fracassaram (SEBRAE, 2013).

Em estudo realizado por Silva *et al.* (2016), são descritos alguns dos motivos que conduzem ao fracasso do Programa 5S. Por exemplo: os funcionários, gradualmente, deixam de conversar, questionar sobre o tema; os avaliadores de 5S deixam de realizar algumas auditorias, o que faz com que o programa perca a credibilidade, ocorrendo falta de planejamento das ações para as etapas seguintes.

Para Soares *et al.* (2015), a impossibilidade de reunir todos os colaboradores, em muitas situações, é um entrave à condução do programa. Outro fator relevante, na dificuldade de implantação, consiste na difícil quebra de paradigmas organizacionais. Estes criados no decorrer da história da organização provocam uma resistência quanto às mudanças. Assim, o programa deve ser realimentado sistematicamente, com palestras, divulgação de resultados, treinamentos, entre outras formas.

### 2.2.3 Importância e os benefícios que o programa 5S proporciona para as empresas

Qualquer mudança ou tentativa de melhoria que nos é imposta traz incômodos para nossa “zona de conforto”, sendo natural a rejeição na implantação do programa, que visa transformar as pessoas através de ações, mudar conceitos e mentalidades, mudar as coisas de lugar e desocupar locais através do descarte. As pessoas tendem a ter uma primeira reação de contradição, pois acham que o programa é um adversário, que verão seus defeitos e que podem até mesmo perder o emprego. Ficam preocupadas que suas gavetas e armários serão abertos e que aqueles objetos e papéis guardados por tanto tempo serão descartados, mesmo não sendo mais úteis para elas.

Por estas razões o programa precisa preparar as pessoas com reuniões, palestras e conscientizações que façam aflorar o espírito de equipe e a vontade de colaborar dos participantes, entendendo a real função do programa

Segundo Gonzales (2019), a implementação do 5S é de extrema importância para a organização, desde que toda a equipe tenha total envolvimento durante todo o processo, pois todas as dificuldades serão superadas com o entrosamento de todos. Portanto o referido autor descrever algumas vantagens:

- Aumento da qualidade do produto ou serviço;
- Aumento da produtividade;
- Fornece a base necessária para implementar outros programas de qualidade;
- Facilita a detecção de erros, objetos fora do lugar e outros problemas que precisam de atenção;
- Reduz ou elimina o desperdício de recursos materiais;
- Otimiza tempo e espaço;
- Previne acidentes;
- Melhora no ambiente de trabalho;
- Melhora na qualidade de vida (GONZALES, 2019, p.56).

O programa 5S caracteriza-se por sua facilidade na compreensão e, por essa razão, pode ser aplicado em qualquer tipo de organização e para qualquer nível hierárquico. Trata-se, portanto, de um programa simples, mas, ao mesmo tempo, profundo ao trazer consigo o conceito de mudança de cultura, fortemente enrustido, visto que sua prática objetiva a mudança na maneira de perceber o trabalho e seu impacto no todo.

Por se tratar de mudança de cultura, o sucesso na implantação do programa depende diretamente das pessoas e, por consequência, dos valores praticados por elas. Dentre esses valores, segundo Silva (2014), destacam-se o respeito às pessoas, o trabalho em equipe, o foco na qualidade e excelência, responsabilidade, organização e autodisciplina.

Não há uma fórmula certa para a implantação do programa. Conforme ressalta Falconi (2014) a implantação promove o desenvolvimento da criatividade ao permitir a elaboração de um plano adequado à realidade de cada organização. Porém, algumas orientações podem ser apresentadas, como sendo fundamentais para o sucesso da implantação, são elas:

- Responsabilidade e envolvimento da direção trata-se de uma mudança de cultura, é de fundamental importância que o conceito venha disseminado de cima



para baixo (top-down). Ou seja, a direção precisa compreender de forma ampla o programa, bem como a necessidade de seu apoio para o sucesso do mesmo, traduzido no exemplo aos demais colaboradores e na garantia de recursos para o provento e sustentação do programa.

- Controle e registro de documentos é recomendado que a empresa estabeleça e mantenha um procedimento documentado para controle dos documentos referentes ao Programa de forma a padronizar e manter o mesmo. Campos (2018) aconselha tirar fotos ou, até mesmo, filmar a situação inicial, de forma a sensibilizar depois, com as melhorias futuras.

Segundo Carvalho *et al.* (2014) treinamento constitui no “processo de ajudar o empregado a adquirir eficiência no seu trabalho presente ou futuro, através de apropriados hábitos de pensamento e ação, habilidades, conhecimentos e atitudes”.

A implantação do programa é facilitada pela conscientização dos colaboradores quanto à importância dos conceitos e de como eles devem ser aplicados. Silva (2005) ensina que a abordagem do programa deve ser aplicada como hábito e filosofia, não apenas no *house keeping*, ou seja, cuidar da casa.

Silva (201) destaca que planos de implantação é uma sequência usual de elaboração de um plano de ação. Primeiramente deve-se ter foco no resultado, tendo em mente os objetivos estratégicos e metas a atingir. Em seguida, deve-se adquirir conhecimento amplo sobre o tema, através de pesquisas, cursos e benchmarking.

Então, deve-se relacionar todas as idéias possíveis sobre o tema, incluindo as sugestões das pessoas diretamente afetadas pelo programa. Logo após uma análise e seleção dessas idéias deverá ser realizada. É necessário, então, fazer uma separação nítida entre plano conceitual e plano prontamente executável.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa 5S é uma metodologia de gestão que visa melhorar a organização, limpeza e eficiência nas empresas. Sua importância é extremamente confiável devido aos benefícios que pode trazer, como redução de desperdícios, aumento da produtividade e melhoria das condições de trabalho.

Nesse sentido a resistência à mudança por parte dos funcionários é uma das principais dificuldades enfrentadas pelas empresas na implantação do programa. Outro ponto é falta de comprometimento da alta administração também pode prejudicar a eficácia do programa e a ausência de treinamento adequado e de recursos financeiros pode ser um obstáculo significativo.

Observa-se também que para manter a disciplina e a constância na aplicação dos princípios do 5S ao longo do tempo é um desafio contínuo. Portanto, a complacência e a falta de acompanhamento podem levar à regressão dos ganhos obtidos. Por isso, é importante criar uma cultura organizacional que valorize a sustentação dos padrões estabelecidos pelo programa.

No entanto promover a conscientização e o treinamento contínuo dos funcionários é fundamental para reforçar a resistência à mudança para estabelecer metas clara e mensuráveis para a implementação e manutenção do 5S pode manter a equipe focada, na busca do envolvimento ativo da alta administração, demonstrando seu comprometimento com o programa, é essencial.

Portanto, superar as dificuldades na implantação e manutenção do programa 5S não apenas ajuda a empresa a funcionar de maneira mais eficiente, mas também traz uma série de benefícios que podem ter um impacto positivo nos resultados financeiros e na satisfação de todos os envolvidos, desde os funcionários até os clientes.

## Referências

- ARAÚJO, P. H. de; **Qualidade ao Alcance de Todos**. São Paulo: Gente, 2017.
- CAMPOS, V.F. **TQC - Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8 ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2018.
- CARVALHO, A.V., et al., **Administração de recursos humanos**. São Paulo: Pioneira, 2014.
- COTIAN, Luís Fernando Paulista et al. **Implantação do programa 5S em uma indústria metalúrgica de pequeno porte**. In: Congresso Brasileiro De Engenharia De Produção, 5., 2015, Ponta Grossa. Artigo. Ponta Grossa: Conbrepo, 2015. p. 1 – 12.
- COUTINHO, Fagner Melo José; AQUINO, Joás Tomaz de. Os 5s Como Diferencial Competitivo Para o Sistema de Gestão da Qualidade: Estudo de Caso de Uma Empresa de Aços Longos. **Revista Gestão.org**, Recife, v. 13, n. 2, p.176-186, 09 mar. 2015.
- FALCONI, Vicente. **TQC Controle da Qualidade Total**. 8º edição. Editora FALCONI, 2014.
- FERREIRA, Sabrina Albernás. **A importância da implantação do sistema de gestão da qualidade**: Um estudo de caso na Empresa Campo Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal Ltda. 201. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Faculdade Tecsomacomo, Paracatu/MG, 2016.
- GONZALES, Vitor Mature. **O&M e qualidade total**: uma interpretação perfeita. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2019.
- IARESKI, J.C. **Gestão da Qualidade na saúde**: princípios básicos. Barueri: Manole, 2013.
- KOLODA, Camila Bertocco; DEGRAF, Daniele Mudrey; BERTOCCO, Angélica Biagi. **Programa 5's melhorias e rendimento operacional em uma loja de móveis e decoração em Ponta Grossa**. In: Congresso Internacional de Administração, 29., 2016, Natal. Artigo. p. 1 - 10.
- LAES; HAES. **Programa 5S**: uma das ferramentas para implantar a Qualidade Total em uma empresa. São Paulo, v. 27, n. 161, p. 78-96, jun./jul. 2016.
- LIMA JUNIOR, Francisco Rodrigues et al. **Implantação do programa 5's em uma indústria do setor de vestuário**. In: Encontro Nacional De Engenharia De Producao, XXXI, 2013, Belo Horizonte. Artigo. p. 1 - 14.
- MOURA, Creonice Silva de; SILVEIRA, Elisabete Machado da; BOCCALETTI, Helder. **A influência cultural na implantação do 5S nas organizações brasileiras**. 2013. Disponível em: [http://www.revistasapere.inf.br/download/2013-1/CREONICE\\_ELISABETE\\_HELDER.pdf](http://www.revistasapere.inf.br/download/2013-1/CREONICE_ELISABETE_HELDER.pdf). Acesso em: 18.08.23
- SEBRAE. **O GQT nas empresas de serviço**. Brasília, 2013.
- SILVA, J. M. **5s**: o ambiente da qualidade. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 2014.
- SILVA, Marina Marques da; MARQUES, Liliane Cardoso; SANTOS, Jefferson Markhony Neri. **Um estudo sobre a implementação do TPM (Total Productive Maintenance) e seus resultados**. XXXIII, Encontro Nacional de Engenharia de Produção, p.1-14, 08 a 11 out. 2016.
- SOARES, J.C.S. et al., **O 5S num supermercado de pequeno porte**. XXI ENEGEP, 2015.
- WARKENTIN, T. **Implementação do 5S em uma empresa de estampa como base para melhorias estratégicas**. 2015. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação). Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo/SP, 2015.
- WASYLUK, Morgana; GONCHOROVSK, Joel Fernando; RIGODANZO, Jonas. **Proposta de implantação do programa 5s para melhoria na qualidade em uma indústria metalúrgica de pequeno porte**. In: SEMANA INTERNACIONAL DE ENGENHARIA E ECONOMIA FAHOR, 4., 2014, Horizontina. Anais. p. 1 - 10.





# 24

GESTÃO DA INOVAÇÃO: SUA IMPORTÂNCIA PARA AS MICROS E  
PEQUENAS EMPRESAS

INNOVATION MANAGEMENT: ITS IMPORTANCE FOR MICRO  
AND SMALL BUSINESSES

Karla Soares Sousa



## Resumo

Nos últimos anos, no Brasil, as micro e pequenas empresas vêm apresentando um grande crescimento no que diz respeito à abertura de novos negócios. Este fenômeno está intimamente ligado ao Empreendedorismo. Neste aspecto, os brasileiros são, em números absolutos, os maiores empreendedores do mundo. Fazendo deste modelo de negócio, um dos principais pilares da economia mundial. Esta pesquisa consiste na compreensão do que é empreendedorismo, suas principais características e importância dentro da economia. Cada vez mais pessoas são seduzidas pela ideia de terem seu próprio negócio e em função disso, é preciso saber-se mais sobre o tema.

**Palavras-chave:** Negócio. Empreendedorismo. Economia.

## Abstract

In recent years, micro and small businesses in Brazil have been experiencing significant growth in terms of opening new businesses. This phenomenon is closely linked to entrepreneurship. In this regard, Brazilians are, in absolute numbers, the largest entrepreneurs in the world. This business model has become one of the main pillars of the global economy. This research aims to understand what entrepreneurship is, its main characteristics and importance within the economy. More and more people are attracted by the idea of having their own business and, as a result, it is necessary to learn more about the subject.

**Keywords:** Business. Entrepreneurship. Economy.



## 1. INTRODUÇÃO

O termo inovação é geralmente definido como o processo de desenvolvimento, adaptação e colocação em prática. Substituir os antigos, prejudiciais ou insatisfatórios pelos novos, úteis e satisfatórios; desenvolvimento de produtos e processos já conhecidos, criação de novos métodos e eliminação dos antigos estão todos embutidos na definição de inovação. A inovação tem aspectos sociais e organizacionais. O aspecto social da inovação está aumentando a qualidade de vida e o bem-estar da sociedade. Os aspectos organizacionais são um processo e fato contínuo da competição, atribuídos à solução de problemas processo e fornecendo integração. Além disso, a combinação dessas qualidades cria um aspecto sócio-organizacional da inovação, conforme expressa abaixo:

Aspectos sócio-organizacionais da inovação: Fazer mudanças na vida das pessoas; Criação de valor econômico e social; Produto de um ambiente que apóia a inovação; Um veículo para adaptação e integração; Carregar uma característica expansionista.

O termo inovação tem um valor maior no campo da administração nas últimas três décadas. Talvez seja porque as organizações perceberam que o segredo para ser um líder, lutar e sobreviver está oculto por trás da inovação. Essa conscientização descobre novos produtos, aplicativos, programas, tecnologias, reformas e estruturas mais complexas.

Durante o processo de inovação, há criação e aprimoramento. Qualquer iniciativa de inovação é arriscado e cheio de dificuldades. No entanto, indivíduos e as MPEs que buscam inovação nunca desistem de procurar maneiras mais eficazes e apropriadas de investigar as práticas de inovação. Não seria errado aceitar que o termo inovação é o ponto chave para o sucesso e a continuidade de uma organização. As MPEs que internalizaram um ponto de vista inovador e o colocaram em prática podem continuar no círculo global e não ficará isolado das melhorias. As condições da competição global expressam a realidade de que somente as organizações concentradas na inovação e na cultura inovadora podem ser diferentes e eficientes.

Diante dessa realidade, surge o questionamento que norteia este estudo. Quais são os processos essenciais para gerenciamento com inovação nas micro e pequenas empresas?

Este trabalho tem como objetivo geral, desenvolver um estudo sobre a importância da Gestão da inovação nas micro e pequenas empresas (MPEs). Tendo como objetivos específicos: Apresentar os conceitos, teorias e características da inovação; Identificar as dificuldades encontradas nos processos de inovação pelas micro e pequenas empresas; Levantar as ferramentas para implementação das Gestão da Inovação.

## 2. A GRANDE IMPORTÂNCIA DA INOVAÇÃO EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

Com a globalização, as micro e pequenas empresas convivem com a crescente e intensa concorrência no mercado em que atuam. Dessa maneira elas precisam implantar e implementar estratégias de inovação para a sua sobrevivência. E isto tem um custo e nem sempre vem de um estudo particular ou original, mas de um acompanhamento das tendências ou modismo do setor. Maculan (2008) salienta que as MPE's utilizam, principalmente, informações encontradas em feiras ou em redes informatizadas disponíveis para todos, portanto, são poucas as estratégias sob medida e estas não permitem desenvolver inovações mais avançadas que estariam na origem de vantagens sobre os concorrentes.

Atualmente um dos pontos-chave para uma gestão organizacional eficaz é a habilidade de entender o ambiente no qual a organização opera. (Martins *et al.*, 2012).

No atual contexto brasileiro de acirrada competitividade, diversas ações estão voltadas para 17 aumentar a capacidade de inovação. No âmbito das médias e grandes empresas, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) lançou, no final de 2008, o projeto Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI) destinado a sensibilizar as organizações, principalmente a alta direção, para a importância e o desafio de inovar sistemática e continuamente (Mattos *et al.*, 2010).

No âmbito das micro e pequenas empresas (MPEs), as ações mais abrangentes têm sido desenvolvidas pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae). O Programa Sebrae para Empresas Avançadas, o Sebrae Mais, oferece, em um de seus módulos, o curso Gestão da Inovação – Inovar para Competir. As ações do CNI e Sebrae enfatizam a necessidade de incorporar a inovação nas estratégias empresariais. O Sebrae também tem o programa Agentes Locais de Inovação (ALI) para auxiliar empresários nos passos iniciais da inovação. (Carvalho *et al.*, 2011, p 16).

De modo particular, foram analisados quais foram as inovações implantadas e/ou implementadas e quais foram seus impactos no ganho da empresa. Como resultado, observamos que a empresa estudada preocupa-se em se manter no mercado participando de eventos e treinamentos sobre gestão; e com as inovações implantadas e/ou implementadas tiveram resultados significantes, como por exemplo: aumento de sua clientela, maiores lucros, controle mais eficiente de estoque, entre outros. (Martins *et al.*, 2012).

## 2.1 O novo contexto de gestão das MPEs: o momento para a inovação

A cada nova crise na economia, “apóstolos da inovação tecnológica” apregoam que as empresas só têm uma saída: inovar. Do contrário, caminharão para a extinção. Ou, no mínimo, estarão condenadas a um desempenho sofrível. Você certamente já escutou essa argumentação. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

De fato, o grande progresso científico e tecnológico em vigor – evidenciado na internet, nos computadores cada vez menores, nos novos materiais e nas descobertas nos campos da vida e da saúde, entre outros – abre caminhos para a evolução dos negócios. E, se uma crise se apresenta, nada mais oportuno que o empreendedor repensar seus produtos e serviços, como estratégia para sair fortalecido da turbulência. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Porém, a realidade dos empresários das MPEs é bem diferente. Alguns, ao se depararem com uma crise, fenecem. Outros buscam concentrar-se apenas na sobrevivência, esperançosos de que a superação do momento difícil traga uma nova onda de aquecimento da economia e melhoria dos lucros. Nesses dois casos, as empresas perdem oportunidades de inovar, mesmo que por necessidade imposta pela crise. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Ainda que superem os momentos de crise e alcancem tempos melhores, muitas MPEs e seus gestores não veem ecoar o apelo à inovação tecnológica. Inovar é custoso, difícil e arriscado. Melhor jogar o jogo conhecido, no terreno em que se batalha há tempos, buscando brechas e trilhas que a experiência ensinou. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Neste momento histórico, em meio à onda de possibilidades trazidas pelo avanço tecnológico, estão em curso verdadeiras rupturas no funcionamento da economia mundial. Tais rupturas desabam sobre os empreendedores, trazendo situações sem paralelo com as que se apresentavam tempos atrás. “Mas que situações são essas? Minha empresa parece tão distante desse cenário mundial...”, pode pensar um gestor. Ledo engano. No

mundo moderno, novas tendências impactam fortemente a sustentabilidade das MPEs (GONÇALVES *et al.*, 2011). Por exemplo:

- Avanços tecnológicos cada vez mais rápidos criam novas possibilidades de inovação o tempo todo. Aproveitar tais oportunidades permite evitar a obsolescência e garantir diferencial em relação aos concorrentes.
- A globalização permite que as empresas, mesmo as MPEs, atuem em mercados geograficamente distantes. Ao mesmo tempo em que representa a oportunidade de expansão das vendas, possibilita novos entrantes nos mercados regionais. Inovar é o melhor caminho para oferecer propostas capazes de competir com empresas situadas em qualquer lugar do mundo.
- A globalização também traz consigo a importância na construção de parcerias e redes como diferencial competitivo. Alcançar mercados nacionais e internacionais, competir como organizações internacionais e fortalecer seus produtos por meio da construção de portfólios mais completos são algumas vantagens das parcerias e redes.
- Mudanças regulatórias, como quebras de monopólio e privatizações, dinamizam diversos setores de economia, abrindo possibilidades que apenas as empresas mais aptas a inovar conseguem aproveitar. • Mais informados, conscientes e com acesso a um número cada vez maior de opções, os clientes têm muito mais condições de avaliar as propostas de valor que lhes são oferecidas.
- Novas necessidades, provocadas por mudanças demográficas (como envelhecimento da população), sociais (como alterações na distribuição de renda) ou culturais (como maior preocupação com questões ambientais), devem ser prontamente atendidas pelas empresas, que precisam estar prontas para inovar em produtos e serviços.
- A complexidade dos produtos vem aumentando, não somente em consequência do atendimento às necessidades de clientes e da sociedade, mas em função do desenvolvimento tecnológico a ser embarcado mesmo nos produtos mais simples. Não estar integrado com o desenvolvimento de novas tecnologias e conceitos pode custar a sustentabilidade de qualquer empresa.
- Os sistemas locais de inovação – regiões onde se desenvolvem tecnologias focadas nas empresas locais<sup>2</sup> – vêm sendo utilizados em diversos países como forma de auxiliar o desenvolvimento tecnológico de MPEs.

O Brasil é um elemento singular neste novo cenário mundial. Superado o frágil equilíbrio econômico, que submetia os empresários a ciclos de crescimento e retração, forçando a uma luta constante pela subsistência, o quadro econômico começa a se mostrar mais consistente e o país experimenta a percepção de que pode e deve se tornar uma economia mais estável e potente (GONÇALVES *et al.*, 2011).

A nova realidade traz muitas oportunidades para o empresário brasileiro. Mas também requer dele uma nova atitude. Agora que o país se coloca entre as grandes nações, é necessário um novo papel de liderança mundial, que impõe a toda a sociedade, incluídas as MPEs, a preocupação com a sustentabilidade. A capacidade de inovação apresenta-se como um dos principais alicerces a serem buscados. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

## 2.2 O Que é Inovação?

A palavra “inovação” faz parte de um vocabulário usado de forma bastante repetitiva no cotidiano das citações empresariais. As referências que efetivamente tratam o termo de forma cuidadosa, no entanto, ainda são minoria. Por isso, por mais que nos deparemos com a palavra “inovação” com tanta frequência, responder a questões como “o que exatamente significa inovação?”, “por que inovar é importante?” ou “como uma empresa pode se tornar inovadora?” costuma ser bastante desafiador. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Para entender melhor o significado da palavra “inovação”, vamos partir de duas outras definições: “descoberta” e “invenção”. A descoberta tem por objetivo empurrar a fronteira do conhecimento, ou seja, tornar conhecido algo que antes era oculto. Sua motivação é principalmente intelectual. A invenção, por sua vez, tem por objetivo a resolução de um problema prático: a partir do conhecimento existente, constrói-se uma solução com um objetivo específico. Sua motivação é essencialmente técnica. A inovação é diferente da descoberta e da invenção, como mostra a Figura 1 embora esteja relacionada a ambas. (GONÇALVES *et al.*, 2011).

**Figura 1.** Descoberta x Invenção x Inovação.

| DO GUIA PARA A AÇÃO:                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Descoberta:</b> O grego Tales de Mileto descobriu a eletricidade estática ao esfregar um pedaço de âmbar em pele de carneiro e observar que os pedaços de palha eram atraídos pelo âmbar.</p> |
| <p><b>Invenção:</b> Thomas Edison inventou a lâmpada incandescente, em 1879.</p>                                                                                                                    |
| <p><b>Inovação:</b> Para realizar a geração e a distribuição comercial de energia elétrica, Thomas Edison criou, ainda em 1879, a Edison Electric Illuminating Company.</p>                         |

**Fonte:** Manual de gestão para MPEs Inovadoras (2011, p 19).

Assim, a descoberta gera conhecimento, que, no entanto, só é utilizado quando aplicado em alguma invenção. Indo além, na perspectiva da empresa, aplicar o conhecimento na solução de um problema prático, ou seja, usá-lo em uma invenção, ainda não é suficiente para usufruir dele. A invenção gerada precisa ser aplicada, alterando, de alguma maneira, o funcionamento da organização. Isso é inovação! (GONÇALVES *et al.*, 2011).

### 2.2.1 A grande importância das MPEs

As MPEs já se constituem como primordiais para o desenvolvimento da economia brasileira e também de outras economias, já que a mesma é o ponto de partida para muitos empreendedores que querem sair da informalidade ou abrir seu próprio negócio. De acordo com Longenecker *et al.* (2001 *apud* SILVA, 2001, p. 11) “as empresas prestam contribuições singulares à economia. Fornecem uma parte desproporcional de novos empregos necessários para uma força de trabalho em crescimento”.

Longenecker *et al.* (2001) afirmam ainda que as pequenas empresas possam realizar a produção de bens e serviços de forma mais eficientes em determinadas áreas, e desempenhar algumas funções como distribuição e fornecimento com mais experiência que outras empresas.



## 2.2.2 Classificação das MPEs

Para que se possa trabalhar acerca da estratégia empresarial nas MPEs, procurou identificar alguns conceitos relevantes de classificação da MPEs bem como, a estratégia para um melhor aprofundamento deste estudo (BOSSA, 2011).

Tanto no Brasil como em qualquer outro país, existem as classificações das empresas estabelecidas por órgãos competentes, tais como a Lei 9.732/98 do Imposto Simples, que classifica as empresas da seguinte maneira:

- Microempresa: a pessoa jurídica e a firma individual que tiveram receita bruta anual igual ou inferior ao valor de R\$ 120.000,00 (cento e vinte mil reais); e (BOSSA, 2011).
- Pequena Empresa: a pessoa jurídica e a firma, que não enquadrada como microempresa, tiveram receita bruta anual igual ou inferior ao valor de R\$ 1,2 milhão (um milhão e duzentos mil reais).

## 3. MANUAL DE OSLO

O Manual de Oslo representa a fonte mais atualizada no que diz respeito à padronização das terminologias utilizadas pelos pesquisadores da OCDE (MATTOS *et al.*, 2010, p 14).

O Manual de Oslo tem o objetivo de orientar e padronizar conceitos e metodologias, bem como estabelecer as bases estatísticas e indicadores de pesquisa de P&D de países industrializados. Seu antecessor, o Manual Frascati, editado em 1962, originou a série de publicações da OCDE, que ficou conhecida como Família Frascati. A primeira edição do Manual de Oslo data de 1990. A primeira tradução para o português foi produzida e divulgada pela FINEP, em meio eletrônico, em 2004 (MATTOS *et al.*, 2010, p 14).

Manual de Oslo: Inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas (MATTOS *et al.*, 2010, p 14).

Segundo o Manual de Oslo as inovações podem ser de 4 tipos: (MATTOS *et al.*, 2010, p 14).

- produto;
- processo;
- marketing;
- organizacional.

Para melhorar a compreensão, podemos separar a inovação em apenas 3 categorias básicas:

- produto;
- processo;
- negócio.

## 4. METODOLOGIA

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma revisão da literatura, no qual foi realizado uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados sites, E-books, livros etc. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 20 anos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geração e acessibilidade de conhecimentos novos e existentes demonstram um desafio e oportunidades notáveis para as organizações que tentam competir em um mundo arena. No início da década atual, quando o ambiente competitivo passou através de uma grande revolução devido à globalização, as empresas aumentaram sua exploração de uma política que lhes proporcione um benefício competitivo sustentável. Tal políticas geralmente precisam que as organizações sempre diferenciam seus produtos e processos, isto é, as organizações devem ser continuamente inovadoras.

Em tal circunstância, onde a inovação em produtos e processos é considerada um requisito indispensável para o sucesso e sobrevivência do negócio, concentração na orientação do mercado e mudança para uma empresa invocou muito interesse de acadêmicos e parceiros de negócios.

A literatura sobre gestão estratégica identifica a inovação como um importante iniciador para que as organizações gerem valor e mantenham vantagem competitiva no composto progressivo e atmosfera em rápida mudança. Organizações com maior capacidade de inovação ganharão em resposta à alteração do ambiente e no desenvolvimento de novas capacidades que lhes permitam obter melhores resultados. Os planos de inovações tendem a confiar muito na proficiência, conhecimento e dedicação como insumos significativos no processo de criação de valor.

## 6. CONCLUSÃO

O processo de inovação pode assumir diferentes formas nas empresas, bem como, sua realização pode ser feita por diferentes meios em diversos setores da economia, entretanto, observa a possibilidade de adoção de modelos de gestão da inovação com o objetivo de sistematizar esse processo de desenvolvimento de inovações nas empresas.

Os empreendedores precisam aprender a praticar a inovação sistemática, desta forma, os empreendedores de sucesso tentam criar novos valores e sensações diferentes e novas e diferentes em vez de buscar inovações sensacionais. Eles convertem uma “coisa” em um “recurso” ou combinam recursos existentes recursos em uma configuração nova e mais produtiva. A sistemática A inovação consiste na busca, frequente e organizada, de mudanças e de mudanças sistemáticas, análise das oportunidades que estas mudanças podem oferecer para o desenvolvimento económico ou social inovação.

Em relação à gestão da inovação, tais circunstâncias sobre esse consenso há dois fatores. A inovação não é um evento isolado, é um processo e como tal precisa ser gerenciado, e a inovação pode ser gerenciada por manipulação das influências no processo que afetam os resultados.

A gestão da inovação ajuda a empresa a inovar e a se posicionar contra a concorrência, ajuda a trabalhar com padrões de gestão de qualidade e atender as exigências do meio



ambiente. A eficácia da inovação a gestão está mais relacionada à capacidade de gerenciar um sistema interno de inovação com uma série de dimensões que fazem algo particularmente bem, como o investimento em pesquisa e desenvolvimento e gestão de riscos.

## Referências

BOSSA, Alexandre Guandalini (FANP). **Gestão Estratégica Nas Mpe's (micro e pequenas empresas)**. Paraná. UFPR, 2011.

CARVALHO, Hélio Gomes de; REIS, Dalcio Roberto dos; CALVANCANTE, Márcia Beatriz. **Gestão da Inovação**. Cuiabá: UTFINOVA, 2011.

GONÇALVES, Ada; PROENÇA, Adriano; MATHIAS, Alexandre; NETO, André de Faria Pereira; SILVA, Carlos Eduardo Lopes da; KARRER Daniel; TAMMELA Iara; FUNKEL Jaime; ARANHA José Alberto; OLIVEIRA Lucia Barbosa de; CAVALCANTI Marcos; BARRETO Pedro; CASTRO Priscila; CLEMENTE Rafael; NARCIZO Ramon Baptista. **Manual de Gestão Para MPEs Inovadoras**. Rio de Janeiro: Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro. 2011. Disponível em: < [http://www6.ensp.fiocruz.br/repositorio/sites/default/files/arquivos/manual-de-gestao-para-MPEs-inovadoras\\_0.pdf](http://www6.ensp.fiocruz.br/repositorio/sites/default/files/arquivos/manual-de-gestao-para-MPEs-inovadoras_0.pdf) >. Acesso: 20 set. 2023.

MARTINS, Karine Canuto; SOUZA, Carla Mendonça de; MARTINS, Kelly Canuto e ESPINOSA, Dr. José Waldo Martínez. **A Importância Da Inovação Em Micro e Pequenas Empresas: Um Estudo de Caso**. 2008. 1f. Resumo Aprovado e Apresentado conforme as normas da X Mostra Científica. Centro de Ensino Superior Catalão – (CESUC), Goiás – Catalão, 2008. Disponível em: <[http://www.cesuc.br/\\_xmostracientifica/artigos/artigo\\_7.pdf](http://www.cesuc.br/_xmostracientifica/artigos/artigo_7.pdf)>. Acesso: 2 set. 2023.

MATTOS, José Fernando César; STOFFEL, Hiparcio Rafael; TEIXEIRA, Rodrigo de Araújo. **Mobilização Empresarial Pela Inovação: Cartilha – Gestão Da Inovação**. Brasília: CNI, 2010. Disponível em: <[https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/9d/16/9d16abac-a115-4758-b4dc-9a3e3d21a8d0/20121126110821586027u.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/9d/16/9d16abac-a115-4758-b4dc-9a3e3d21a8d0/20121126110821586027u.pdf) >. Acesso em: 4 set. 2023.

SILVA, Jader Julio Pires da. **Um modelo de desenvolvimento estratégico: preparando micro e pequenas empresas para a utilização de indicadores estratégicos**. Florianópolis: UFSC, 2001.



# 25

APLICAÇÃO DO CONCEITO TOYOTA PRODUCTION SYSTEM À  
SEGURANÇA DO TRABALHO

APPLICATION OF THE TOYOTA PRODUCTION SYSTEM  
CONCEPT TO OCCUPATIONAL SAFETY

Diego Gomes das Chagas

## Resumo

Este trabalho busca realizar uma demonstração da aplicação do conceito do *Toyota Production System* à segurança do trabalho, seus indicadores proativos, e a evolução de cultura do chão de fábrica, bem como as suas ferramentas de gestão aplicadas ao gerenciamento de indicadores, entendendo-se os principais indicadores e suas ramificações assim empregando ferramentas de gestão oriundas do conceito *Toyota Production System* aplicados à segurança do trabalho. O Estudo a ser realizado trata-se de uma pesquisa bibliográfica, por meio de revisão de literatura, será uma pesquisa de caráter qualitativo e descritivo. As pesquisas serão realizadas em livros, revistas, artigos científicos, estatísticas, dissertações e teses publicadas nos últimos dez anos. As bases de dados a serem pesquisadas serão o Google Acadêmico, Capes e Scie-Lo. Os descritores utilizados serão: Livros físicos e eletrônicos que norteiam os temas de segurança do trabalho e o modelo de gestão TPS. Apresenta-se o contraste da busca pela eliminação de erros (desperdícios/acidentes) bem como a padronização das atividades e procedimentos. A partir desta análise conclui-se que o conceito traz consigo a gestão visual e a visita no *Gemba*, onde as coisas acontecem, influenciará positivamente a forma de gerir os riscos no chão de fábrica. Os indicadores de segurança do trabalho não serão somente a quantidade de dias sem acidentes, mas também a quantidade de atividades sem padronização, atividades que deverão ser acompanhadas pela liderança da companhia por ter sensível a possibilidade de falha operacional, e humana.

**Palavras-chave:** Processos, Indicadores proativos, Acidentes, Evolução de cultura, Riscos.

## Abstract

This work seeks to demonstrate the application of the Toyota Production System concept to occupational safety, its proactive indicators, and the evolution of factory floor culture, as well as its management tools applied to indicator management, understanding the main indicators and their ramifications, thus employing management tools derived from the Toyota Production System concept applied to occupational safety. The study to be carried out is a bibliographical research, through a literature review, it will be a qualitative and descriptive research. Research will be carried out in books, magazines, scientific articles, statistics, dissertations and theses published in the last ten years. The databases to be searched will be Google Scholar, Capes and Scie-Lo. The descriptors used will be: Physical and electronic books that guide work safety topics and the TPS management model. The contrast between the search for the elimination of errors (waste/accidents) and the standardization of activities and procedures is presented. From this analysis it is concluded that the concept brings with it visual management and the visit to Gemba, where things happen, will positively influence the way of managing risks on the factory floor. Work safety indicators will not only be the number of days without accidents, but also the number of activities without standardization, activities that must be monitored by the company's leadership as they are sensitive to the possibility of operational and human failure.

**Keywords:** Processes, Proactive indicators, Accidents, Evolution of culture, Scratches.



## 1. INTRODUÇÃO

Compreende-se que, a busca pela maturidade em gestão de processos em grandes e pequenas indústrias faz com que as empresas e gestores comecem a projetar e perseguir um modelo para tomada de decisão estratégica em resultados que se esperam. Com tantos modelos de gestão que existente, o conceito Toyota Production System (Tradução: Sistema Produção Toyota) vem chamando a atenção da indústria a muito tempo. O mesmo que nasceu no mercado automobilístico por uma necessidade específica da localidade, se tornou destaque para gestão de processos não só automobilístico, mas qualquer tipo de produto. O TPS se torna uma filosofia a ser seguida e modelo de gestão para demais empresas.

Mas com o processo de segurança de pessoas é diferente. O acompanhamento parece ficar relativo ao ponto de se parecer que não é possível mensurar o quão uma ação de segurança pode ser eficiente ou não. As decisões são baseadas em histórico de acidentes que já aconteceram. Assim mudando a dinâmica do acompanhamento dos indicadores deste processo. Quando um acidente acontece, uma empresa que se preocupa em que a ocorrência não se repita, faz uma investigação detalhada e gera ações a serem realizadas e disciplinando o processo de produção. Podemos entender que a interferência é puramente reativa, ou seja, esperando o acidente acontecer para então investigá-lo e agir.

Quando se trata de segurança de pessoas, o pensamento humano é que o acidente não deve acontecer. A impressão que fica é que está utilizando pessoas como cobaias e a partir daí gerar um plano de ação reagindo a acidentes. O grande desafio de aplicar o conceito Toyota Production System à segurança do trabalho é visualizar indicadores de performance que tenham gatilhos e eles não dependam de acidente para serem acionados, assim gerando necessidade de tomada de decisão proativa, isto é, antes do acidente acontecer.

Compreende-se que existe um grande dilema no que diz respeito a segurança do trabalho na indústria, sendo ela de grande ou pequeno porte. Gestores constantemente se questionam de como fazer uma boa gestão de risco ocupacional no seu ambiente de trabalho e garantir que o trabalhador volte para casa sem nenhum “arranhão”. O conceito TPS surgiu como um modelo para muitas empresas e indústrias para ser seguido por tudo que ele e suas ferramentas oferecem aos diversos tipos de processos.

Diante disto como pode-se trabalhar redução de acidentes e doenças ocupacionais, aplicando o conceito de um sistema tão poderoso como o TPS na segurança do trabalho?

Desta forma será definido o objetivo geral do trabalho que será demonstrar a aplicação do conceito do Toyota Production System à segurança do trabalho, gerenciando risco a integridade física e saúde dos trabalhadores no chão de fábrica.

. E os objetivos específicos do trabalho serão: estudar o conceito TPS, bem como a suas ferramentas de gestão aplicadas ao gerenciamento de indicadores do chão de fábrica; entender os principais indicadores de saúde e segurança do chão de fábrica; e empregar ferramentas de gestão oriundas do conceito TPS aplicados à segurança do trabalho em forma de plano estratégico.

Pode-se imaginar o quão difícil é quantificar a segurança do trabalho nas empresas, aonde a única forma de dimensionar é reativamente, ou seja, quando o acidente já aconteceu. É comum ver placas de número de dias de acidente do trabalho em frente as empresas, novamente, têm indicadores reativos, onde é acionado somente quando o acidente



já aconteceu. Muitas das vezes são tratados esses acidentes com severidade mais grave, ao ponto que para algumas empresas não vale a pena quantificar incidentes ou acidentes leves. Quando se trata de assuntos como produtividade, custo qualidade do produto, performance, é simples entender a aplicação de ferramentas de gestão e de indicadores pro-ativos, que vão mensurar e simular ao ponto de que as empresas e gestores conseguem tomar decisões em níveis estratégico, tático e operacional. Quando se trata de gestão para a segurança do trabalho, se deve buscar um sistema que dê aos gestores a tomada de decisão para que o acidente de fato não aconteça, e não depois que aconteceu.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Conceito TPS

O TPS surgiu no Japão logo após a segunda guerra mundial, depois de uma visita que Toyoda fez a indústria automobilística da Ford. O TPS foi desenvolvido pela Toyota entre os anos 1947 e 1975. O principal objetivo era aumentar a eficiência, eliminando desperdícios atacando principalmente os estoques desnecessários. O Toyotismo surgiu e se estabeleceu em forma de cultura, ou uma filosofia que até hoje é seguida.

Liker, Jefrey K e House, Michel (2009) define cultura como o padrão de pressuposto básico inventado ou desenvolvido por dado grupo para aprender a lidar com os seus problemas de adaptação externa e integração interna, e que funcionou bem o suficiente para ser considerado válido e, portanto, para ser ensinado a novos membros como o modo correto de perceber, pensar e sentir-se e relação à aqueles problema.

Para Liker, Jefrey K. (2022) o TPS se resume a quatro Ps. São eles: Philosophy, Process, People e Problems solution. (Tradução: Filosofia, Processo, Pessoas e Solução de Problemas). As ferramentas de gestão do TPS devem influenciar diretamente os quatro Ps. Eles estão interligados para alcançar um mesmo objetivo: trabalhar com eficiência e sem desperdícios.

A forma de gestão de indústrias aplicada somente a processos encontra-se obsoleta, e se esquecendo do fator pessoas que influencia diretamente na produtividade e nos resultados esperados da companhia. Facilmente reconhece os resultados operacionais, táticos e até estratégicos, mas não se reconhece a força de trabalho principal. A força humana.

Há várias formas de medir a cultura de uma comunidade. Umas delas é apresentada no livro A cultura Toyota através de 3 níveis (figura 1). O que vemos, o que dizem e o que eles acreditam no fundo e o que motiva suas ações.

Liker e House (2009) diz que qualquer especialista em TPS não analisa gráficos e tabelas de projetos de grandes economias de custo. Ele irá diretamente ao Gemba, onde o trabalho é realizado. E acompanhará o processo do início ao fim, procurando interrupções no fluxo, ou seja, perdas.

Uma das principais ferramentas no TPS é o acompanhamento do processo em busca de falhas, e estas vão aparecer em gráficos e tabelas quando se exige uma reação. Ao aplicar esse pequeno conceito a gestão de riscos, se entende que a falha é naturalmente o acidente do trabalho, e pode ser fatal.

O TPS trabalha e se estabelece por indicadores, que são criados a partir das oportunidades que são acompanhadas no *Gemba*, onde as coisas acontecem. Uma das formas mais eficientes de visualizar estes indicadores é através da gestão visual. O qual deve estar onde todos o time operacional tenha acesso. Liker (2022) ressalta que a gestão visual

contempla o ser humano porque somos orientados pela percepção visual, tátil e auditiva. Os melhores indicadores visuais estão bem no local de trabalho onde podem saltar pelos olhos.

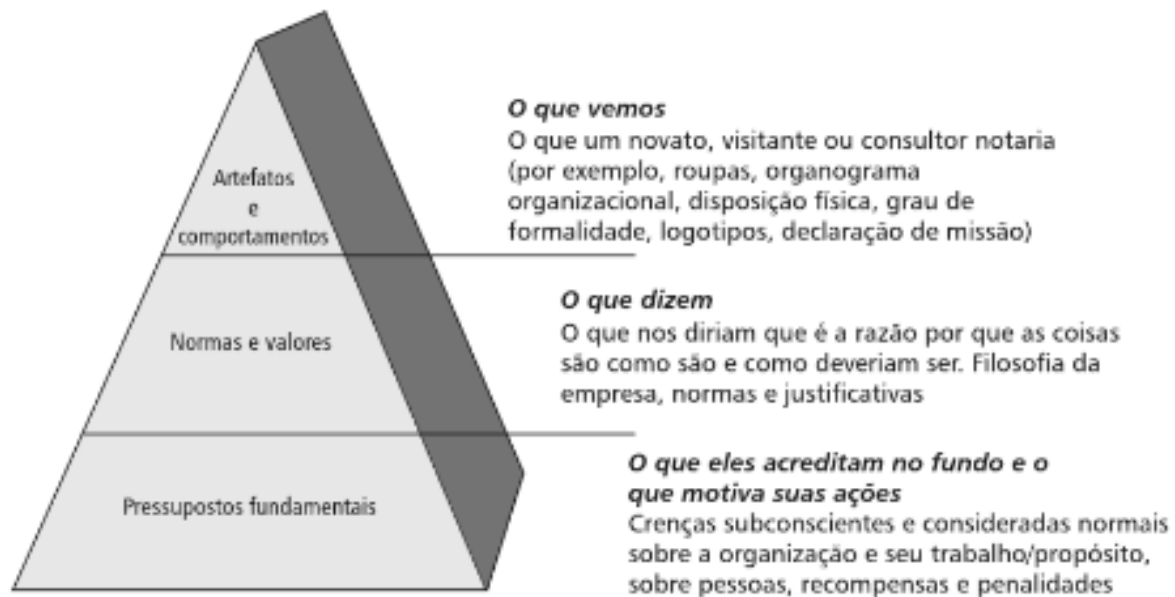


Figura 1. Os três níveis de cultura.

Fonte: Adaptado de Norma ISO 31000:2009

A gestão visual contempla o ser humano porque somos orientados pela percepção visual, tátil e auditiva. Os melhores indicadores visuais estão bem no local de trabalho onde podem saltar pelos olhos (LIKER, 2022).

Liker (2022) no livro O modelo Toyota os padrões ou a padronização são o foco de todas as melhorias sistemáticas. Os padrões mais visíveis são aqueles associados com programa 5S – Classificar, Organizar, Limpar, Padronizar e Disciplinar.

O TPS busca com tudo a eficiência em seus processos. O resultado esperado está na busca pela eliminação de desperdícios. Se localiza falhas e gargalos, aplicando uma filosofia de trabalho que envolve todo o time operacional, tático e estratégico, trabalhando cultura das pessoas, buscando melhoria dos processos, e solucionando problemas.

## 2.2 Gestão de Riscos

Risco é um fenômeno complexo que tem dimensões físicas, monetárias, culturais e sociais. Suas consequências vão muito além de danos físicos gerando também outros tipos de danos principalmente em bens financeiros (LOOSEMORE *et al*, 2006).

Acidente é um imprevisto, não se planeja e nem se espera. A exemplo disto. Uma falha que possa acontecer em uma unidade fabril por conta da falta de estoque da matéria prima resultando na paralização da produtividade.

Quando exploramos o tema riscos ocupacionais aplicados a saúde e segurança do trabalho se define acidente do trabalho como qualquer imprevisto que acontece pelo exercício do trabalho a serviço da empresa resultando em lesão ou perturbação funcional de acordo com o art 337, § 3º do Decreto 3.048/199.

Importante perceber que para a gestão de riscos é um tanto difícil definir indicadores

preventivos, pois o mais latente de todos e a maioria das indústrias utilizam é a quantidade de dias sem acidentes, e disto se faz uma estratificação dividindo acidentes sem afastamento, com afastamento, fatal etc. Ao analisar a eficiência destes indicadores se descobre que eles estão para relatar o resultado e não para acompanhamento de gestão.

Muitas expressões de riscos contêm um grau de incerteza em seus cálculos. Ainda diferencia os dois termos: risco é quantificável e avaliado estatisticamente, já a incerteza é não quantificável e avaliada por probabilidade subjetiva (LOOSEMORE *et al.*, 2006).

Quando se faz um contraste entre o que quantificável ou não, se percebe o quão sensível é a gestão de riscos em uma empresa. Os indicadores devem estar bem direcionados ao resultado esperado. E desta forma a redução de riscos em uma indústria dificilmente chegará a zero se a produção depender da mão de obra do ser humano.

A Norma ISO 31000:2009 Gerenciamento de Riscos – Princípios e Diretrizes de Implementação, fornece para as organizações em geral um guia genérico de processo de gerenciamento de riscos e seus princípios. No entanto não se destina a ser utilizada para fins de certificação. Os princípios para o gerenciamento de riscos de acordo com a Norma são:

- a) A gestão de riscos cria valor;
- b) É parte integrante dos processos organizacionais;
- c) É parte do processo decisório;
- d) Aborda explicitamente a incerteza;
- e) É sistemática, estruturada e oportuna;
- f) É baseada na melhor informação disponível;
- g) É feita sob medida;
- h) Tem fatores humanos e culturais em consideração;
- i) É transparente e inclusivo;
- j) É dinâmica, interativa e receptiva a mudanças;
- k) Facilita a melhoria contínua e a melhoria da organização.

Implementação da gestão de riscos é a implementação da estrutura de gestão de risco para o auxílio no gerenciamento de riscos e a implementação do processo de gerenciamento de riscos em si. Acompanhamento e revisão da estrutura devem ocorrer para assegurar um gerenciamento eficaz e dar apoio ao desempenho da organização. Monitoria contínua da estrutura diz respeito de como as decisões sobre os planos na gestão de riscos pode ser melhorado, e como consequência essas decisões consequentemente geram melhorias para a organização.

A gestão de riscos deve influenciar processos e pessoas. O processo é influenciado pela direção estratégica da indústria de acordo com seus interesses. Já as pessoas são influenciadas pelos fatores humanos e comportamentais que geram tomada de decisão de acordo com sua percepção de risco.

Neste contexto, percepção de risco será a capacidade que o indivíduo tem de identificar e detectar os riscos nas suas atividades como oportunidades de acidentes que podem porventura acontecer.

Ainda de acordo com diversas literaturas o risco é tido como a combinação da probabilidade ou frequência da ocorrência de um dano e sua gravidade.

Os fatores humanos envolvem pensamentos, certezas, crenças, e até mesmo distra-

ções. Para reduzir riscos o vetor decisão do trabalhador deve ser preservado ao ponto que mesmo distraído ele não se acidente, pois tudo que requer atenção, pode influenciar na ocorrência pessoal.

## 2.3 Ferramentas do conceito TPS aplicadas a segurança do trabalho

O foco está nas pessoas, onde encontramos uma pulverização de anomalias que podem acontecer devido a diversos fatores. A metodologia TPS que visa a eficiência operacional e elimina o desperdício influenciam diretamente a segurança do trabalho de qualquer empresa. Ao analisar a segurança do trabalho sob uma visão de que perdas estão correlacionadas aos acidentes, pode tornar o indicador incapaz de promover um ambiente seguro.

A metodologia pode ser combinada às não conformidades encontradas e solucionadas. Já que o conceito TPS é de solucionar problemas, a falha principal não é de fato o acidente, e sim o que gerou o acidente. Seja ele comportamental ou sistêmico. O que deve ser avaliado em suma é a quantidade de problemas levantados e resolvidos. Sendo isto o principal indicador de segurança para qualquer indústria eliminar riscos de acidentes.

Um dos contratos que se faz facilmente entre o conceito TPS e a gestão de riscos é que os dois envolvem fortemente a interação com pessoas. Pois elas são influenciadas direta e indiretamente nos seus processos de trabalho a tomada de decisão. O que esclarece a maioria dos acidentes acontecem porque o empregado precisa tomar uma decisão com o risco de ser acidentado. O vetor que contribui para o acidente é justamente a decisão, seja ela intencional ou não, a decisão foi tomada de acordo com a percepção de risco e a cultura de segurança.

Desta forma os indicadores proativos que seriam desenvolvidos para buscar a eliminação de riscos partiria de duas variações. A primeira seria nos riscos que não tem influência na decisão do trabalhador para gerar um acidente. Visto que estão protegidos sistemicamente para que o ser humano não erre ao executar aquela determinada tarefa, isto é, não ter opção de erro na execução não restando outra forma para efetuar a atividade, a não ser da forma correta. Um exemplo a respeito é uma simples tomada elétrica estar protegida ao ponto de não ser possível colocar um plug diferente ou de forma inadequada.

A segunda variação está nos riscos que tem total influência na decisão do ser humano para que o acidente se concretize. A partir desta condição o acidente depende somente da percepção de risco e da cultura do empregado ou da empresa. Exemplo uma atividade que tem mais de uma forma de ser executada, pode ser executada de várias formas e não existe um padrão, esta atividade está destinada ao erro, e o contexto remete a gestão de riscos este erro pode resultar em um acidente do trabalho.

## 3. METODOLOGIA

O Estudo a ser realizado trata-se de uma pesquisa bibliográfica, por meio de revisão de literatura, será uma pesquisa de caráter qualitativo e descritivo. As pesquisas serão realizadas em livros, revistas, artigos científicos, estatísticas, dissertações e teses publicadas nos últimos dez anos. As bases de dados a serem pesquisadas serão o Google Acadêmico, Capes e Scie-Lo. Os descritores utilizados serão: Livros físicos e eletrônicos que norteiam os temas de segurança do trabalho e o modelo de gestão TPS.





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conceito TPS traz uma visão sobre a influência cultural das pessoas e como isso intervém negativa ou positivamente na eficiência operacional e na eliminação de desperdícios. Através de uma metodologia que se provou eficiente ao cuidar de pessoas e dos processos que interferem cada resultado.

O grande desafio da segurança do trabalho é gerir riscos a integridade física e saúde de pessoas por representar uma incerteza nos indicadores imensuráveis que cada ação traz consigo as duas variantes que proporcionam um indicador preventivo. A quantidade de riscos que estão sobre a decisão do ser humano para se tornarem acidentes ou não.

Em cima disto, se apresenta o contraste da busca pela eliminação de erros (desperdícios/acidentes) quantificando quantas atividades não tem padronização e tem várias formas de serem executadas.

O indicador principal será a padronização de processos e atividades. Para que o ser humano não tenha possibilidade de falhas. Quando se atingir esse nível, também se chegará ao zero acidente tão divulgado nas indústrias. Até chegar lá, a metodologia utilizada sempre será a presença no Gemba, onde as coisas acontecem.

## 5. CONCLUSÃO

Ao estudar e pesquisar sobre o TPS e a influência que ele tem sobre a perspectiva de segurança do trabalho, fica clara a ligação dos indicadores preventivos. A partir desta análise podemos concluir que o conceito TPS que traz consigo a gestão visual, a escuta, e o gemba, onde as coisas acontecem, influenciará positivamente a forma de gerir segurança do trabalho e suas ferramentas, entre elas, riscos a integridade e saúde no chão de fábrica. Os indicadores de segurança do trabalho não serão indicadores reativos, acidentes, mas também a quantidade de atividades sem padronizadas e atividades que deverão ser acompanhadas pela liderança da companhia por ter sensível a falha humana.

O conceito que havia na Toyota antes do TPS ser implantado persistem em muitas indústrias nos dias de hoje, onde se observam gráficos e tabelas que não geram ações consistentes. Na segurança do trabalho, os indicadores, são apresentados de forma reativa, não reflexionando ações consistentes, e as reincidências se destacam.

Os indicadores que influenciarão nas ações da segurança do trabalho, virão do Gemba, onde as coisas acontecem. Através da padronização de atividades. Sempre tirando as tarefas que tem possibilidade de falha da “mão” do ser humano. Com isso está fica claro a ligação entre a metodologia TPS empregada na gestão de saúde e segurança das empresas.

## Referências

- ASSI, Marcos. et al. **Gestão de risco com controles internos** – Ferramentas, Certificações e Métodos.
- BRASIL. Artigo. 337, § 3º do Decreto 3.048/1999. **Regulamento da Previdência Social.**
- CARVALHO, M.M.; RABECHINI, R. **Construindo Competências para Gerenciar Projetos.** São Paulo: Atlas, 2009.
- GESTÃO DE RISCOS OCUPACIONAIS. **Política de saúde e segurança:** VLI Logística integrada, 2023.
- LEME Rogerio. **Gestão e Dimensionamento da Força de Trabalho.** 1ª edição, QUALITYMARK; 2015.

LIKER Jeffrey K.; HOSEUS Michael. **A Cultura Toyota: A Alma do Modelo Toyota**. Bookman, 2009

LIKER Jeffrey K., MEIER David. **O Modelo Toyota - Manual de Aplicação: Um Guia Prático para a Implementação dos 4 OS da Toyota**. Bookman 2007.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista de engenharia de produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.





# 26

IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA PRODUÇÃO E OS IMPACTOS  
GERADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO

IMPORTANCE OF PRODUCTION MANAGEMENT AND THE  
IMPACTS GENERATED ON THE PRODUCTION LINE

Demétrius Lúcio dos Santos

## Resumo

A gestão da manutenção pode ajudar a empresa a ter um processo produtivo melhor. Isso é feito monitorando e mantendo as máquinas, ferramentas e sistemas funcionando direito. Isso evita quebras e paradas, economiza dinheiro e garante que os produtos sejam de qualidade. A gestão da manutenção também tem vantagens como ter um processo de produção mais estável e eficiente. A manutenção industrial é um momento chave no processo produtivo. Embora isso possa ser um fator de custo óbvio, é uma ótima maneira de prolongar a vida útil das máquinas de sua empresa e evitar danos que possam afetar o serviço. A principal tarefa da gestão da manutenção é garantir que todas as áreas da empresa que dependem de máquinas e equipamentos permaneçam operando de acordo com as leis trabalhistas. O objetivo geral do desenvolvimento deste trabalho centra-se, identificar a importância da gestão da manutenção, e sua influência sobre todo o processo de fabricação. Para que o mesmo fosse atingido foi necessário através de uma revisão de literatura. Conclui com os resultados: Por meio da gestão da manutenção, todo o processo produtivo pode ser padronizado e projetado de forma direcionada, evitando assim problemas. Desta forma, a manutenção oferece inúmeras vantagens. A empresa tem um processo de produção estável e eficiente. A metodologia utilizada nesse trabalho baseia-se em revisão de literatura.

**Palavras-chave:** Gestão. Linha de produção. Manutenção preventiva. Monitoramento. Impactos.

## Abstract

Maintenance management can help a company improve its production process. This is done by monitoring and maintaining machines, tools, and systems that are working properly. This prevents breakdowns and downtime, saves money, and ensures that products are of high quality. Maintenance management also has advantages such as having a more stable and efficient production process. Industrial maintenance is a key moment in the production process. Although this may be an obvious cost factor, it is a great way to extend the life of your company's machines and prevent damage that could affect service. The main task of maintenance management is to ensure that all areas of the company that depend on machines and equipment continue to operate in accordance with labor laws. The overall objective of this work is to identify the importance of maintenance management and its influence on the entire manufacturing process. In order to achieve this, it was necessary to conduct a literature review. The conclusion is as follows: Through maintenance management, the entire production process can be standardized and designed in a targeted manner, thus avoiding problems. In this way, maintenance offers numerous advantages. The company has a stable and efficient production process. The methodology used in this work is based on a literature review.

**Keywords:** Management. Production line. Preventive maintenance. Monitoring. Impacts.



## 1. INTRODUÇÃO

O principal objetivo da gestão da produção é estabelecer padrões de processo para melhorar a eficiência organizacional e garantir a qualidade do produto e a velocidade de entrega. O gerenciamento de operações ajuda a aumentar a produtividade ao simplificar os processos. Integração entre setores: Ao integrar todos os setores e atividades, as empresas podem trabalhar com mais tranquilidade e melhorar os níveis de serviço.

A discussão deste tema é de grande relevância pois, como se sabe, ao longo dos anos, para aumentar seus lucros, bem como atender às necessidades da população, devido ao seu grande crescimento, as empresas tiveram que se adequar ao funcionamento 24 horas por dia, e isso faz com que as máquinas cuidem mais das máquinas, pois é sabido que nem tudo funciona perfeitamente por muito tempo.

A gestão da produção é muito importante, pois facilita o planejamento da produção quando a capacidade é limitada. Gerar mais material para análise estatística de problemas para tomada de decisão de médio e longo prazo. Permite fácil controle de produtos em processo (produtos armazenados e utilizados no fluxo de produção).

Diante da intensificação do aumento da quantidade populacional, a rapidez e agilidade na produção é algo que se faz muito necessário, com isso é crucial que todos os processos estejam devidamente organizados e planejados, para evitar ao máximo que imprevistos indesejáveis aconteçam e prejudique todo o fluxo do processo, como a quebra de uma peça por exemplo. Logo, surge o seguinte questionamento: qual a importância da gestão de produção e os impactos que mesma gera sobre o andamento do processo de fabricação?

O objetivo geral para o desenvolvimento desse trabalho é identificar a importância da gestão da manutenção, e sua influência sobre todo o processo de fabricação. Para isso foi necessário traçar os seguintes objetivos: Identificar como é realizada a gestão de produção e tipos de manutenção, como também as vantagens e desvantagens da adoção da de produção.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa utilizada nesse trabalho foi uma revisão de literatura, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados etc.), A importância dos instrumentos didáticos para alunos da Educação Profissional e Tecnológica: um olhar para o eixo de controle e processos industriais (DE SOUSA, 2021), e A Importância das Normas de Automação para a Indústria 4.0 (PAIOLA, 2019), entre outras. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 5 (Cinco) anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: gestão, produção e impactos.

### 2.2 Resultados e Discussão

A manutenção preventiva é fundamental e os proprietários devem receber manuais



do usuário e de operação. Para edifícios, a longevidade está mais relacionada à manutenção preventiva do que a fatores de projeto e construção. A manutenção preventiva está ganhando popularidade no mercado porque, além da confiabilidade do equipamento, oferece uma oportunidade para o pessoal de manutenção maximizar a vida útil das peças, pois podem inspecionar e controlar regularmente essas peças com equipamentos de precisão (REIS, 2019).

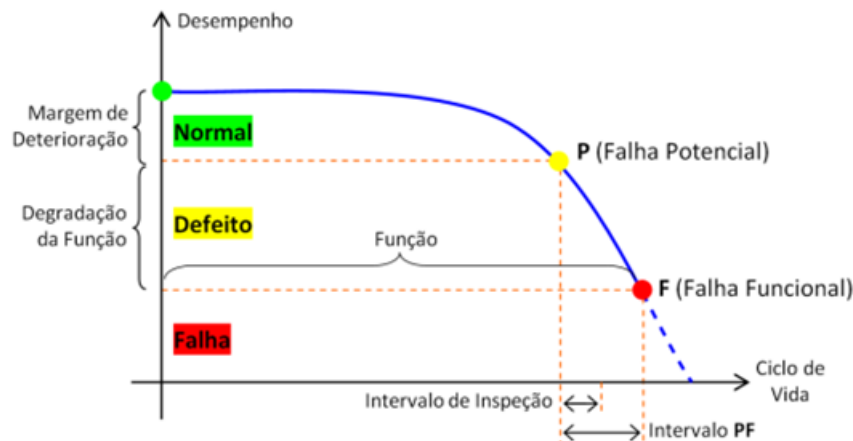
Além disso, Reis (2019), afirma que a manutenção preventiva é qualquer serviço de manutenção realizado em máquinas em bom estado de funcionamento, ou seja, operacionais ou sem erros. São serviços que são executados em intervalos fixos ou de acordo com critérios especificados, a fim de reduzir a probabilidade de falha e, assim, criar o tempo de inatividade necessário para o bom andamento das atividades produtivas.



**Figura 1.** Gráfico da falha potencial e a falha funcional.

**Fonte:** De Sousa (2021).

Nesse sentido, visa mostrar como o desempenho se degrada ao longo do tempo. Principalmente com a perda da função para a qual o aparelho foi destinado. O objetivo da curva PF é definir a área PF. Ou seja, a lacuna entre a falha possível e a falha funcional. Portanto, é uma ferramenta de análise que correlaciona o desempenho do dispositivo com o tempo de atividade. Na verdade, isso tem a grande vantagem de garantir a confiabilidade do equipamento. Desenvolva também uma estratégia de manutenção industrial adequada. Principalmente porque apenas 11% das falhas são causadas por equipamentos antigos. Isso significa que, com uma estratégia de manutenção adequada, 89% de seus dispositivos permanecerão utilizáveis e confiáveis a longo prazo (FERNANDES, 2018).



**Figura 2.** Erros que ocorrem

**Fonte:** Reis (2019).

Esses tipos de erros são uma indicação de que algo não está funcionando como deveria. Na verdade, esse erro é característico do início de um defeito. No entanto, com o tempo, torna-se mais forte e reduz o desempenho do componente. Isso porque o equipamento não para da noite para o dia sem motivo. No entanto, ao longo do tempo, eles mostram evidências de que existem problemas. Esta ferramenta da qualidade teve origem na década de 1950 para investigar problemas e avarias em sistemas militares. Foi desenvolvido por engenheiros de confiabilidade. O maior número possível de componentes, bem como montagens e subsistemas, é verificado. Em vez disso, trata-se de examinar os tipos de falha e suas respectivas causas e efeitos. Isso é possível porque o FMEA é uma ferramenta de análise qualitativa. Permite a transformação de informações em dados quantitativos (ARGENTA, 2020).

A Unitronics desenvolveu os primeiros controladores CLP IHM completos do setor e os aperfeiçoou continuamente com base na análise de mercado e nos avanços do setor. A Unitronics agora oferece várias linhas de produtos PLC para atender a uma variedade de necessidades do sistema (DE SOUSA, 2021).

Esses controladores inovadores são compactos em design e oferecem economia imediata, eliminando tarefas demoradas, como instalação de comunicações e fiação do painel frontal do CLP. A Unitronics suporta o conceito all-in-one com software revolucionário que permite ao usuário escrever um programa de controle ladder, projetar HMI e páginas da web e configurar todo o hardware e comunicações que podem ser facilmente programados em um ambiente de software único e intuitivo (PIRES, 2018).

Com a automatização dos processos, os diferentes departamentos da empresa podem finalmente falar a mesma língua. Esse é um recurso válido para evitar a entrada de dados errônea e garantir que o processamento de dados seja otimizado. É assim que você fornece à sua empresa um sistema de logística inteligente que torna cada etapa perfeita (DE SOUSA, 2021).

A automação é um dos processos mais utilizados para facilitar a adoção de recursos tecnológicos. Utiliza ferramentas de soluções tecnológicas para otimizar e simplificar processos internos e reduzir custos operacionais. Automação é o ato de transformar o gerenciamento em um processo de fabricação e torná-lo independente da interação humana. Você pode implementar manualmente algo que existe nativamente e usar essa habilidade para melhorar, adaptar ou tornar o processo livre de erros humanos (BENCKE, 2021).

Um dos principais pontos da Indústria 4.0, se não o mais importante, é a automação

industrial. Ou seja, o conceito de fábricas inteligentes, onde máquinas e equipamentos industriais podem trabalhar de forma autônoma. No entanto, um pré-requisito para esse resultado é a utilização de um sistema de tomada de decisão (PAIOLA, 2019).

A inteligência artificial é uma ferramenta valiosa nesse contexto, segundo Domingues (2019). Por fim, permite que o software opere de forma independente, aprendendo com suas próprias tarefas, melhorando a eficiência e a precisão ao longo do tempo. Robotic Process Automation (RPA) é um exemplo de ferramenta de automação.

A manutenção é crítica para qualquer empresa, pois seu objetivo principal é manter o funcionamento do equipamento, gerenciar recursos e eliminar defeitos do equipamento para manter os padrões de qualidade do produto. Para reconhecer isso, as empresas precisam investir em manutenção estratégica. Identifique oportunidades para simplificar o provisionamento de dispositivos e mitigar riscos (PAIOLA, 2019).

De acordo com Pires (2018), manter o mesmo padrão de qualidade é extremamente importante, pois se o equipamento falhar ou apresentar deficiências, o produto não poderá ser produzido com a mesma qualidade como se tivesse sido produzido com equipamentos funcionando corretamente. O problema quando uma empresa não investe na gestão da manutenção é a interrupção do processo, levando a uma série de problemas que poderiam ter sido evitados se a manutenção tivesse sido realizada.

Além disso, Pires (2018), observa que, à medida que a produção se torna mais mecanizada e automatizada, a indústria torna-se cada vez mais dependente da disponibilidade e confiabilidade de seus equipamentos, tornando-se uma das atividades que mais transformou a gestão da produção. A produção dos últimos trinta anos correspondeu a técnicas e estratégias para o negócio de manutenção.

A manutenção é uma das atividades mais importantes para a indústria, pois garante que as máquinas estejam sempre funcionando e, portanto, a produção esteja em pleno andamento e, assim, garante a competitividade da empresa. Mas se você pensa que manutenção é o mesmo que apagar incêndios, está enganado. Esta área também deve ser levada em consideração no planejamento, ou seja, nas ações estratégicas de médio e longo prazo. É aqui que entra a importância da manutenção que, quando bem feita, equilibra o planejamento e a necessidade de responder a emergências (RESENDE, 2004).

O Sistema de Gestão da Qualidade visa demonstrar a capacidade de fornecer consistentemente produtos ou serviços que atendam aos requisitos do cliente e aos requisitos dos regulamentos aplicáveis e melhorar a satisfação do cliente, melhorando a eficácia contínua do sistema. Esse padrão possibilitou a fidelização do cliente e garantiu que os produtos atendessem às suas expectativas e necessidades. Seu grande sucesso permitiu o surgimento de outras normas, formadas com base nos requisitos da ISO 9001 (NETO, 2019).

A norma NP 4397 permite o controle e/ou minimização dos riscos decorrentes das atividades da organização que afetam a saúde e segurança dos trabalhadores e contribui para um ambiente de trabalho seguro e saudável. Com isso, a organização aumenta a confiança, a satisfação e o engajamento de seus funcionários, o que leva ao seu crescimento (FERNANDES, 2018).

Além disso, Barbosa (2008), a manutenção é definida como a soma total de todas as medidas técnicas e gerenciais, incluindo medidas de inspeção, para manter algo em boas condições ou permitir que desempenhe as funções necessárias que pode desempenhar. O objetivo da manutenção é garantir que as funções dos dispositivos e sistemas permitam um desempenho confiável, seguro e ecológico de processos de fabricação ou serviços a um custo razoável.



Por trinta anos, a manutenção foi a atividade que tem estado cada vez mais sujeita a mudanças na gestão da produção tem sofrido. Essas mudanças devem-se ao aumento do número e variedade de plantas, equipamentos e instalações que requerem manutenção, ao desenvolvimento de projetos de engenharia mais complexos, a novas técnicas e à evolução da organização e responsabilidade pela manutenção. Esta evolução faz surgir novas expectativas profissionais, como o impacto de uma avaria na segurança e no ambiente, a ligação entre a manutenção e a qualidade do produto, a capacidade de manter uma instalação com elevada disponibilidade e controlo de custos (NETO, 2019).

De acordo com Dantas (2019) a manutenção preventiva é utilizada para substituir uma peça ou componente de uma máquina ou equipamento antes de uma falha inesperada ou com base em informações do fabricante do equipamento. A manutenção preventiva apresenta algumas vantagens, como: Outra grande vantagem é a continuidade da produção, pois as plantas são muito confiáveis, o que permite que a empresa cumpra as metas de entrega e qualidade.

Além disso, também é importante investir em uma manutenção adequada. um fator de eficiência, pois está diretamente relacionado à produtividade da linha de produção e aos padrões de qualidade do produto destinado ao usuário final. É uma série de medidas para manter as máquinas da empresa em bom estado de funcionamento. Esta é uma forma de prevenir problemas evitáveis e danos graves causados pelo desgaste normal na linha de produção. (FERREIRA, 2021).

A TPM como um tipo de manutenção realizada por meio de atividades de pequenos grupos, mas executadas por todos. De Araújo (2021), define a TPM como:

“o grande esforço envolvido na implementação de uma cultura corporativa voltada para a melhoria da eficiência dos sistemas de produção, evitando perdas de todos os tipos, de modo a alcançar zero acidentes, zero erros e zero falhas ao longo de todo o ciclo de vida dos equipamentos, afetando todos os departamentos da empresa, incluindo produção, desenvolvimento, marketing e administração, que exigem participação complexa da alta administração às operações de linha de frente com atividades de pequenos grupos” (OTANI, 2008).

Na Manutenção Produtiva Total, as pessoas são consideradas o maior recurso de uma empresa, pois alguns produtos podem ser de baixa qualidade devido à falta de treinamento da equipe. O objetivo é capacitar as equipes para serem eficientes, garantindo de forma produtiva o máximo desempenho e a satisfação do dono do processo. A manutenção garante que todo o processo produtivo seja realizado de forma padronizada e direcionada para evitar problemas. Portanto, os benefícios da manutenção são muitos. A empresa terá um processo de produção estável e eficiente. (PIRES, 2018).

### 3. CONCLUSÃO

Diante do que foi apresentado, percebe-se que a informática aplicada no controle de automação é crucial pois a mesma reduz a necessidade de serviços humanos e melhorando o desempenho da tarefa. Na maioria dos casos, essa ferramenta é baseada no uso de dispositivos eletroeletrônicos, como computadores e os chamados dispositivos lógicos programáveis, PLCs.

Além disso, pode-se compreender a grande importância da automação traz mais

transparência e racionalização aos processos. Com as informações organizadas e centralizadas, os gestores podem ter uma visão mais ampla de como a organização está funcionando, e isso justifica a importância da automação. A automação industrial possibilita o aumento da produtividade porque as máquinas podem produzir com mais rapidez e precisão em relação ao trabalho manual. As máquinas também permitem uma melhoria na qualidade dos produtos, pois executam funções repetidas sem perda de qualidade.

Fica assim claro, que a realização deste trabalho é de fundamental importância tanto para a sociedade quanto para a comunidade acadêmica. Onde contribui com informações de grande relevância e serve de base para a elaboração de trabalhos futuros, pois este tema é de grande importância e vem se tornando cada vez mais relevante.

A manutenção preventiva é importante para garantir o bom funcionamento dos equipamentos e máquinas usados no processo produtivo. O objetivo principal é planejar, controlar e executar tarefas de manutenção a tempo e hora para evitar problemas. Esta manutenção regular permite que os equipamentos e máquinas trabalhem de forma eficiente.

Com isso, foi possível perceber os diferentes tipos de manutenção, nomeadamente: preventiva, preditiva e corretiva. Além disso, por meio de uma revisão de literatura, foi possível compreender a manutenção preventiva e seus conceitos. Portanto, este trabalho mostra os conceitos da manutenção preventiva, as vantagens e desvantagens de usar esse método, e compara dois cenários antes e depois da manutenção para mostrar a produtividade da máquina. A conclusão deste trabalho mostra a importância de se realizar a gestão da manutenção.

Com isso, nota-se, a importância da gestão da manutenção para garantir a produtividade industrial. A manutenção industrial é importante para garantir que as máquinas funcionem bem e a produção seja competitiva. A gestão da manutenção também visa reduzir custos. Estes danos podem ser causados pelo mau funcionamento dos dispositivos.

Ademais, acredita-se que a conclusão deste trabalho é de fundamental importância o tema da sociedade e da comunidade acadêmica é de grande importância e vem aumentando em relevância. Escreva um artigo de 300 palavras sobre este assunto. Ele deve fornecer informações relevantes e servir como base para trabalhos futuros.

## Referências

- ARGENTA, Celice et al. **Desenvolvimento de um Sistema de Automação Residencial com a Aplicação de Android e Arduino**. Revista Eletrônica de Iniciação Científica em Computação, v. 18, n. 2, 2020.
- BARBOSA, Edimar Alves et al. **Modelo de gestão ambiental em resíduos sólidos para centrais de abastecimento, embasado no ciclo de Deming**. 2008.
- BENCKE, Fernando Fantoni; HAHN, Margarida. **A formação do engenheiro de Controle e Automação: o empreendedorismo acadêmico e possibilidades de interação universidade, empresa e governo**. Revista de Empreendedorismo e Gestão de Micro e Pequenas Empresas, v. 6, n. 02, p. 164-185, 2021.
- DANTAS, Igor Dos Santos. **Importância e Benefícios do Planejamento de Gestão de Manutenção**. 2019.
- DE ARAÚJO, Thiago Thielmann; DE ASSUMPÇÃO, Diego Donald Silva. **GESTÃO DA MANUTENÇÃO APOIADA AO BIM-FM**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 4, n. 1, p. 152-169, 2021.
- DE SOUSA, Jhonatan Peres et al. **A importância dos instrumentos didáticos para alunos da Educação Profissional e Tecnológica: um olhar para o eixo de controle e processos industriais**. Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica, v. 2, n. 21, p. e11811-e11811, 2021.
- DOMINGUES, Ricardo Gil; DE PINA FILHO, Armando Carlos. **A importância da domótica para a sustentabilidade das cidades**. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 10, p. 18477-18495, 2019.





FERNANDES, Manassés et al. **Robótica educacional uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental.** In: Anais do XXIV Workshop de Informática na Escola. SBC, 2018. p. 315-322.

FERREIRA, João Pedro Barreiras. **Gestão da manutenção e infraestruturas.** 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora.

NETO, João Batista M. Ribeiro; DA CUNHA TAVARES, José; HOFFMANN, Silvana Carvalho. **Sistemas de gestão integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social, segurança e saúde no trabalho.** Editora Senac São Paulo, 2019.

OTANI, Mario; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial, v. 4, n. 2, 2008.

PAIOLA, CEG; ROCHA, E. H.; RODRIGUES, A. C. **A Importância das Normas de Automação para a Indústria 4.0.** *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, v. 5, n. 5, p. 0415-0423, 2019.

PIRES, Cinthia et al. **Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção.** Cent. Univ. Belo Horiz, p. 1-8, 2018.

REIS, Ailton Gonçalves et al. O ensino da língua inglesa por meio de jogos eletrônicos: as mídias como ferramentas de ensino. *Nexus-Revista de Extensão do IFAM*, n. 9, 2019.

RESENDE, Maurício M.; BAUER, Roberto Falcão. **GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EFÍCIOS: INTERVENIENTES E IMPORTÂNCIA.** Rio de Janeiro, p. p1-8, 2004.



# 27

A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO  
DENTRO DAS ORGANIZAÇÕES  
THE IMPORTANCE OF OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH  
WITHIN ORGANIZATIONS

Anilson Pereira Neto

## Resumo

A Segurança e Saúde do Trabalho compreendem um conjunto de normas e procedimentos que são legalmente exigidos tanto às empresas quanto aos funcionários, com o objetivo de promover um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A natureza da atividade desenvolvida e a exposição a agentes físicos, químicos e biológicos, bem como os riscos de acidentes, podem comprometer a saúde e a segurança do trabalhador. A promoção da segurança e saúde no trabalho tem um papel crucial na melhoria do bem-estar dos funcionários e na promoção do sucesso organizacional. Isso ocorre porque funcionários saudáveis e seguros tendem a apresentar níveis mais elevados de produtividade e satisfação no trabalho. O avanço tecnológico, a consolidação da legislação e a grande procura por certificações internacionais no mercado reforçaram o entendimento de que as doenças ocupacionais, as fatalidades e os acidentes de trabalho devem ser vigorosamente prevenidos. Isto realça a necessidade de as empresas adotarem uma abordagem proativa na prevenção de tais situações, a fim de evitar o desenvolvimento de doenças profissionais e mitigar vários riscos de acidentes. O objetivo geral buscou compreender a importância do gerenciamento de segurança e saúde do trabalho nas organizações. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho será uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis. Conclui-se, que as empresas e organizações que evidenciam uma preocupação com a integridade de seus colaboradores, para além da mera mitigação de litígios legais, corroboram a responsabilidade social do empreendimento e adquirem uma maior cooperação do âmbito do mercado.

**Palavras-chave:** Saúde. Segurança. Trabalho. Organizações. Trabalhador.

## Abstract

Occupational Health and Safety comprise a set of standards and procedures that are legally required of both companies and employees, with the aim of promoting a safer and healthier working environment. The nature of the activity carried out and the exposure to physical, chemical and biological agents, as well as the risks of accidents, can compromise worker health and safety. Promoting safety and health at work plays a crucial role in improving employee well-being and promoting organizational success. This is because healthy, secure employees tend to have higher levels of productivity and job satisfaction. Technological advances, the consolidation of legislation and the great demand for international certifications in the market have reinforced the understanding that occupational diseases, fatalities and work accidents must be vigorously prevented. This highlights the need for companies to adopt a proactive approach in preventing such situations in order to avoid the development of occupational illnesses and mitigate various accident risks. The general objective sought to understand the importance of managing occupational health and safety in organizations. The type of research carried out in this work will be a Qualitative and Descriptive Literature Review, in which books, dissertations and scientific articles and reliable websites were consulted. It is concluded that companies and organizations that show concern for the integrity of their employees, beyond the mere mitigation of legal disputes, corroborate the social responsibility of the enterprise and acquire greater cooperation within the market.

**Keywords:** Health security. Work. Organizations. Worker.

## 1. INTRODUÇÃO

A gestão da segurança e saúde no trabalho reduz significativamente o risco de acidentes, promove a saúde e contribui para a satisfação dos trabalhadores, melhorando os resultados operacionais e a reputação da organização. Com a implantação desse processo de gestão específico, a qualidade, a responsabilidade social, a responsabilidade ambiental e a segurança do trabalho buscaram a melhoria da qualidade dos bens e serviços. Isso levou a um melhor relacionamento com a sociedade e, por sua vez, a um aumento da lucratividade, viabilizando as pressões do mercado em vantagens competitivas.

Nesse contexto, a gestão da segurança e saúde no trabalho tornou-se crucial para as empresas, pois essa abordagem sistematizada diminui o risco de acidentes e promove a satisfação e saúde dos funcionários, melhorando os resultados operacionais e a reputação da organização e abrindo portas para novas oportunidades. Este tema torna-se mais significativo quando se leva em consideração o meio ambiente e a necessidade das organizações de implementar boas práticas de segurança no ambiente de trabalho.

Logo as atividades no local de trabalho carregam riscos potenciais que podem prejudicar a integridade física ou mental de um funcionário desde tempos antigos. Diante dessa situação, surge o seguinte dilema para análise: Qual a importância do processo de gerenciamento de segurança e saúde do trabalho nas organizações?

O objetivo geral buscou compreender a importância do gerenciamento de segurança e saúde do trabalho nas organizações. Já os objetivos específicos buscaram: discutir o conceito do sistema de gestão de segurança no trabalho, descrever as principais atividades que são desenvolvidas dentro do gerenciamento de segurança e saúde do trabalho nas organizações e apontar o papel das organizações para garantir a segurança e a saúde do trabalhador.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho será uma Revisão de Literatura Qualitativa e Descritiva, no qual foi realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis. Os principais autores consultados foram: (2019), Mattos (2018) e Rocha (2017). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: Saúde e Segurança no Trabalho, Acidentes, Trabalhador, Organizações e Ambiente Organizacional.

## 2. SAÚDE E SEGURANÇA NO TRABALHO

Segundo Welter (2014) a saúde e a segurança no trabalho buscam que estudar as possibilidades de acidentes originados durante uma atividade laboral. Segundo o autor, o foco principal da segurança do trabalho é prevenir acidentes e doenças causados pelas atividades laborais ou qualquer outro tipo de deterioração da saúde no ambiente de trabalho.

A Lei de Segurança e Proteção no Trabalho serve como um indicador que identifica potenciais riscos aos quais os funcionários estão expostos por meio de inspeções no local de trabalho, com o objetivo de reduzir esses riscos para que não ocorram acidentes. Ao longo da história, as condições a que os trabalhadores estão sujeitos no seu trabalho resultaram em inúmeras lesões e acidentes, muitos dos quais resultam em morte ou tornam os trabalhadores fisicamente incapazes (BRID *et al.*, 2013).



Há relatos de incidentes relacionados à segurança e saúde do trabalhador desde o início das relações de trabalho. Há registro no Novo Testamento de Lucas sobre a destruição da Torre de Siloé, onde morreram dez prováveis trabalhadores (AMARO; NAZARRI; SOFFIATTI, 2018). No Egito, em 2360 a.C., o Papiro de Seler II associa o ambiente de trabalho aos riscos a ele associados, enquanto em 1800 a.C., o Papiro Anastasi V, também conhecido como “Sátira dos Ofícios”, retrata as questões de insalubridade, periculosidade, e a falta de atividade (CATAI, 2014).

Cantisiani e Castelo (2015) explicam que por volta do final do século XIX, com a Revolução Industrial e a invenção da máquina a vapor, houve uma mudança significativa na quantidade de bens consumidos pela sociedade. As pessoas consomem mais, surgem mais fábricas e as condições de trabalho nessas fábricas são absurdamente degradantes. O autor afirma ainda que o elevado número de acidentes, mutilações e mortes é resultado de longas jornadas de trabalho, falta de proteção, falta de treinamento, alto nível de ruído e condições de trabalho inadequadas. Esta situação só começou a mudar quando uma onda de movimentos sociais exigiu dos políticos e legisladores medidas legislativas para melhorar as condições de trabalho.

Após o fim da Primeira Guerra Mundial, surgiu a Organização Internacional do Trabalho (OIT), alterando drasticamente as normas e práticas destinadas a preservar a saúde e a segurança dos trabalhadores, e permanece até hoje uma grande referência global neste sentido (RAMAZZINI, 2016).

Em 1919, o governo brasileiro promulgou a Lei 3.725, que define acidentes de trabalho, exige relatórios de acidentes e permite ações legais. Em 1934, foi publicada a Terceira Constituição Brasileira, que incluía disposições de proteção ao trabalhador. Segundo Machado (2015), logo como consequência ocorreram as alterações na Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, após a sanção da Lei no 6.514/1977, que se refere como Leis do Trabalho, que remetem à Segurança e Medicina do Trabalho, foi aprovada pelo Ministro do Trabalho a Portaria MT 3.214, contendo 28 Normas Regulamentadoras (NRs) sendo uma destas revogadas em 2008 tendo como objetivo de atender ao que recomendam as convenções da Organização Internacional do Trabalho.

Com a força das leis e normas promulgadas para garantir a segurança dos trabalhadores, as organizações começaram a olhar para esta área com novos olhos e a dedicar-lhe mais atenção. Nas últimas décadas, as empresas têm procurado práticas mais sustentáveis; no entanto, na maioria dos casos, isto não se traduziu em práticas administrativas e operacionais eficazes (WELTER, 2014).

De acordo com os registros da OIT, ocorreram aproximadamente 2,19 milhões de acidentes fatais no local de trabalho em 2017. Isto traduz-se numa estimativa global de 6.600 pessoas que são vítimas diárias de acidentes e doenças no local de trabalho. Este número torna-se muito maior quando se incluem lesões e outros acidentes, que totalizam mais de 574 milhões por ano. A situação no Brasil é tão grave quanto a situação global relatada pela OIT. Segundo o Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho, ocorre 1 acidente a cada 48 segundos e 1 morte a cada 3 horas e 40 segundos no país (BARBOSA, 2018). Neste contexto, as organizações procuram compreender os elevados índices de acidentes através da implementação de sistemas de gestão que visam uma mudança no tratamento das questões de segurança do trabalho, a fim de obter uma visão mais abrangente do processo e não apenas o tratamento de questões menores.

Segundo Campos (2014), a segurança do trabalho envolve três áreas primárias de atuação: prevenção de acidentes, prevenção de incêndios e prevenção de roubos. Será abordado o primeiro deles: prevenção de acidentes. A segurança no trabalho está ligada à



prevenção dos riscos ocupacionais e à gestão de riscos no sentido de antecipar e mitigar os riscos de acidentes.

Segundo Catai (2014), certas organizações tratam a segurança no trabalho como prioridade máxima. No caso da Dupont, que começou como fabricante de explosivos no final de 1800 na Alemanha, o gerente geral e todos os executivos se reúnem todas as manhãs às 8h45 para revisar o que aconteceu no dia anterior; somente após a revisão dos relatórios e providências de acidentes é que os executivos começam a discutir outras questões como qualidade, produção e custos.

A manutenção da saúde do trabalhador é fundamental, pois impacta diretamente no desempenho de suas funções e na produtividade. Como resultado, é fundamental que a instituição se preocupe em manter os trabalhadores saudáveis. Segundo Silva e Cambrai (2013) além de prevenir o desenvolvimento de doenças ocupacionais e proteger os trabalhadores dos riscos aos quais estão expostos, a importância da saúde no trabalho é colocar e manter os trabalhadores em ambientes saudáveis onde possam desenvolver as suas capacidades físicas e psicológicas.

De acordo com a OMS, os desafios mais significativos para a saúde dos trabalhadores, hoje e no futuro, são os problemas de saúde ocupacional associados às novas tecnologias de informação e automação, às novas energias químicas e físicas, aos riscos para a saúde associados às novas biotecnologias, à transferência arriscada de tecnologia, ao envelhecimento dos trabalhadores e a problemas específicos de grupos vulneráveis (doenças crônicas e deficiências físicas), incluindo migrantes (AMARO; NAZARRI; SOFFIATTI, 2018).

Os benefícios individuais, comunitários e nacionais incluem a segurança do trabalhador e um ambiente de trabalho saudável. A segurança ocupacional é uma estratégia importante não apenas para garantir a segurança dos trabalhadores, mas também para impactar positivamente a produtividade, a qualidade dos produtos, a motivação e a satisfação dos funcionários e, em última análise, a qualidade de vida geral dos indivíduos e da sociedade como um todo (BRIDI *et al.*, 2013).

## **2.1 As principais atividades que são desenvolvidas dentro do gerenciamento de segurança e saúde do trabalho nas organizações**

Todos os avanços na segurança dos trabalhadores remontam à revolução industrial, quando a principal preocupação era a reparação da saúde física dos trabalhadores. Essas ações ganharam destaque nos anos de 1926 através das pesquisas de Hernert William Heinrich, considerado o pioneiro da segurança industrial nos Estados Unidos (WELTER, 2014).

Heinrich buscou analisar custos com seguradoras para criar indenizações por lesões trabalhistas causadas por acidentes de trabalho e doenças adquiridas em seus estudos. Em 1966, Frank Bird Junior propôs outro tipo de controle para riscos à segurança do trabalhador, onde sua teoria se preocupava não apenas com os riscos à segurança do trabalhador, mas também com os riscos à segurança do trabalhador em instalações, equipamentos e ativos industriais em geral (AMARO; NAZARRI; SOFFIATTI, 2018).

Jonh Fletcher expandiu a teoria de Frank Bird Jr na década de 1970, abrangendo proteção ambiental, segurança patrimonial e segurança de produtos, criando assim o controle de perdas. Esse controle de perdas serviu para garantir que as organizações mantivessem processos mais organizados, evitando riscos à segurança dos trabalhadores e escassez de materiais (BARBOSA, 2018).



Os riscos das atividades laborais aumentaram em decorrência do uso de máquinas a vapor, o que resultou em produção massiva e aumento da jornada de trabalho que chegou a 16 horas diárias. O aumento da produtividade levou ao aumento do investimento nas indústrias, o que resultou em uma série de questões relativas à saúde e segurança dos trabalhadores (WELTER, 2014).

As indústrias tinham más condições de trabalho e localizavam-se em ambientes imperiais. O mo de obra infantil e de mulheres também era comum. As consequências deste cenário foram diversas doenças causadas pelas más condições de trabalho. Casos de mutilação e abortos clandestinos tornaram-se tão comuns que era comum que executivos da indústria encontrassem fetos ou partes de corpos humanos ao lado dos trabalhadores (SILVA; CAMBRAIA, 2013).

Em decorrência desses fatores surgiram os primeiros movimentos operacionais, com o objetivo de minimizar as duras condições de trabalho e o ambiente insalubre a que estavam submetidos. Os trabalhadores começaram a se organizar em pequenos grupos, e esses grupos formaram sindicatos para lutar pela proteção e segurança dos trabalhadores (BARBOSA FILHO, 2011). Após anos de luta, surgiram as primeiras leis trabalhistas, focadas principalmente na proteção de crianças e mulheres. Com o passar do tempo, a classe trabalhadora ganhou reconhecimento e conseguiu adquirir cargos de direção próprios. A evolução da segurança do trabalho ocorreu mais tarde no Brasil, muito depois das revoluções europeias (BRIDI *et al.*, 2013).

Após a revolução industrial, o país passou por um período de mudanças em que a economia agrícola migrou para a industrial. Nesse período, o Brasil foi liderado por Getlio Vargas, que iniciou o processo de conquista dos direitos dos trabalhadores, tanto individual quanto coletivamente, com a criação da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) em 1943 (MACHADO, 2015).

Vale ressaltar também que, com a implementação dessas medidas, o trabalhador recebeu benefícios adicionais, como a criação da Lei 8.213, que regulamentou os planos de benefícios da Previdência Social, incluindo novos benefícios para trabalhadores vítimas de acidentes de trabalho. Outros acontecimentos moldaram o desenvolvimento da segurança ocupacional no país: em 1919, foi promulgada uma lei de acidentes de trabalho, exigindo que os trabalhadores estivessem segurados contra riscos ocupacionais; em 1923, foi criado um fundo de pensão para funcionários de empresas ferroviárias, considerado o alicerce da seguridade social (HANAUER, 2015).

O Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio foi criado em 1930, e trinta anos depois, em 1943, foi instituída a Consolidação das Leis do Trabalho, que tratava diretamente da segurança e saúde do trabalhador. A Fundação Jorge do Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalhador foi fundada em 1966 para realizar pesquisas científicas em tecnologias relacionadas à saúde e segurança do trabalhador no Brasil (SANTOS, 2014). As normas regulamentadoras foram estabelecidas apenas em 1978, com o objetivo de aprimorar as leis e programas voltados aos trabalhadores (RAMAZZINI, 2016). Todos os procedimentos utilizados para fornecer apoio ao trabalhador ganharam status legal e passaram a desempenhar um papel na gestão organizacional. Algumas destas medidas importantes visavam contribuir para o desenvolvimento de atividades laborais em diversos contextos organizacionais.

## 2.2 O papel das organizações para garantir a segurança e a saúde do trabalhador

Segundo Ramazzini (2014), perdas, lesões e danos materiais que tenham ligação com produtos e serviços prestados pelas organizações contribuem para problemas que colocam em risco a saúde do trabalhador. Neste cenário, as empresas devem proporcionar um ambiente livre de riscos aos seus funcionários, garantindo o bem-estar físico, mental e social.

A Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho distinguem-se por um conjunto de iniciativas organizacionais que se formalizam através de políticas, programas, procedimentos e processos de negócio de acordo com a lei, cumprindo assim os requisitos legais. Todos os elementos que compõem este procedimento não devem ser puramente estatísticos; em vez disso, devem contribuir para o sistema organizacional, a fim de garantir a segurança e a proteção dos trabalhadores (CHIRMICI; OLIVEIRA, 2016).

Esta exigência surgiu não por causa de normas internacionais, como a ISO 9000 para qualidade e a ISO 14000 para gestão ambiental, mas pela necessidade de garantir a segurança e proteção do trabalhador. Levou em conta a necessidade humana de proteger os seus direitos. Diferente dos padrões de gestão de qualidade e ambiental, a segurança no trabalho surgiu como um guia de conteúdo para os funcionários. Existem inúmeras empresas no Brasil que já possuem sistemas que incluem programas e sistemas de monitoramento para segurança do trabalhador (HOBSEBORN, 2011).

Partindo do princípio de que a segurança no local de trabalho deve estar ligada às operações quotidianas da empresa e ao processo de fabrico, esta segurança deve ser incorporada no sistema de gestão da organização. Com isso, todo o processo interno ocorrerá em uníssono entre as partes (SILVA, 2011).

A segurança no trabalho deve ser apoiada por um sistema de gestão que leve em conta as características únicas de cada situação e seja projetado para atingir as metas estabelecidas pela empresa. Nesse sentido, Welter (2014) aborda o seguinte tema: sistema de gestão, que se tornou tema obrigatório em quase todas as reuniões profissionais. É possível estar na presença de um momento e de uma oportunidade que conduzirá a um futuro melhor, mas ao mesmo tempo existe um risco que levará ao abandono dos fundamentos da adequação, conformidade e documentação - todos eles são simples de produzir, mas na prática não melhoram a vida dos trabalhadores. A principal questão, neste momento da história da nossa área, é se a nossa cultura é capaz de apoiar as preocupações de segurança e proteção com base nos modelos propostos (AMARO; NAZARÉ; SOFFIATTI, 2018).

É mais interessante desenvolver uma perspectiva sistêmica do que instruir sobre este ou aquele tipo de sistema baseado em um ou mais modelos. Segundo Catai (2014), sistema é a disposição de peças e elementos de forma que possam ser gerenciados e obtidos resultados. É importante lembrar que a simples aquisição de um sistema não resolverá todos os problemas de prevenção da organização.

Vários exemplos desta natureza demonstraram que isto resulta em mais um sistema de melhoria na percepção dos trabalhadores, que por sua vez se torna algo semelhante aos outros sistemas desenvolvidos para este fim. Essa experiência pode ser facilmente observada em certas organizações de grande porte que, por muito tempo, não registravam acidentes graves, mas após a implantação do sistema se encontraram em situações difíceis (CAMPOS, 2014).

A questão não é o sistema que foi adquirido, mas sim a falta de compreensão do que foi feito. Além disso, outra questão está diretamente relacionada com aqueles indivíduos



considerados “mágicos da prevenção”, ou aqueles que trazem supostas invenções para o interior das organizações para sabotar a realidade, mas que não funcionam na prática. Com isso, surge uma falsa sensação de segurança, que é rapidamente dissipada quando os acidentes começam (SILVA; CAMBRAIA, 2013).

No entanto, o pior de todos os erros é ignorar a necessidade de prevenção, porque o não reconhecimento da necessidade de prevenção é uma das principais causas de acidentes, porque os acidentes tendem a ocorrer quando não existem precauções para prevenir a sua ocorrência; caso contrário, muito dinheiro seria economizado e muitos acidentes seriam evitados (HANAUER, 2015).

### 3. CONCLUSÃO

A área de Segurança e Saúde do Trabalho abrange um conjunto de regulamentações e protocolos que são legalmente obrigatórios tanto para as organizações quanto para os colaboradores, decorrentes da promoção de um ambiente laboral mais seguro e saudável. A natureza da atividade exercida e a exposição a agentes físicos, químicos e biológicos, bem como os riscos de acidentes, podem comprometer a saúde e a segurança do trabalhador. A promoção da segurança e saúde ocupacional é vital para promover o bem-estar dos funcionários e garantir o sucesso de uma organização. Isso ocorre devido ao fato de que os funcionários que estão em bom estado de saúde e segurança tendem a demonstrar níveis mais elevados de produtividade e satisfação no ambiente de trabalho.

O avanço tecnológico, a consolidação da legislação e a grande procura por certificações internacionais no mercado reforçaram o entendimento de que as doenças ocupacionais, as fatalidades e os acidentes de trabalho devem ser prevenidos de forma eficaz. Isso ressalta a relevância fundamental para que as organizações se envolvam de forma proativa na prevenção de tais situações, com o objetivo de evitar maneira eficiente o surgimento de enfermidades ocupacionais e reduzir diversos perigos de incidentes.

A legislação relativa à segurança e saúde ocupacional é bastante extensa. Além das normas gerais previstas na Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), existem também leis, normas regulamentadoras, portarias, decretos e normas técnicas específicas relativas à matéria. Em termos gerais, todos os documentos apresentam cláusulas que visam a implementação de medidas preventivas para doenças e acidentes ocupacionais. Portanto, a questão subjacente a todo este conjunto de medidas é garantir a preservação da saúde e o aprimoramento do bem-estar dos trabalhadores. É igualmente relevante que as convenções e os acordos coletivos de trabalho estabelecem frequentemente disposições suplementares relacionadas à Segurança e Saúde no Trabalho (SST).

Conclui-se que a segurança e saúde no trabalho refere-se às estratégias inovadoras pelas organizações com o intuito de prevenir doenças ocupacionais e acidentes laborais, visando garantir um ambiente de trabalho saudável e proteger a integridade física e mental dos profissionais, a fim de fornecer condições ideais para uma realização eficiente de suas atividades. Para a implementação dessas medidas são necessárias vistorias técnicas realizadas por profissionais responsáveis pela Segurança do Trabalho. Eles realizam uma avaliação da exposição dos trabalhadores no seu ambiente de trabalho, identificando riscos potenciais que podem resultar em acidentes ou doenças ocupacionais, e elaboram estratégias preventivas e de melhoria da qualidade de vida dos colaboradores.

## Referências

- AMARO, L. C.; NAZARRI, É.; SOFFIATTI, E. C.. **Avaliação do grau cumprimento da NR-18 de um canteiro de obra na cidade de Passo Fundo/RS**. Passo Fundo: IMED, 2018.
- BARBOSA FILHO, Antônio Nunes. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**. 4ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- BARBOSA, P. R. B.; R. P. **Segurança do Trabalho Guia Prático e Didático**. [S.l.]: Saraiva Educação S.A., 2018.
- BRIDI, M. E. et al. **Identificação de práticas de gestão da segurança e saúde no trabalho em obras de construção civil**. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 43-58, set. 2013.
- CATAI, Rodrigo Eduardo. **Apostila de Gerência de Riscos**. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. UTFPR. Curitiba, 2014.
- CAMPOS, A. **CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes: uma nova abordagem**. 22ª ed. São Paulo: SENAC São Paulo, 2014.
- CANTISIANI, Alípio Ferreira, CASTELO, Ana Maria. O perfil dos trabalhadores da Construção Civil. **Revista Conjuntura da construção**. Março. Rio de Janeiro: FGV, 2015.
- CHIRMICI, A.; OLIVEIRA, E. A. R. D. **Introdução à Segurança e Saúde no Trabalho**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016. ISBN 978-85-277-3059-4.
- HANAUER, P. M. **Proposta de adequação de um torno universal a NR12**. 2015. 55 f. TCC (Graduação) - Curso Bacharel em Engenharia Mecânica, Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2015.
- HOBSBAWM, E. J. **Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo**. 6. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2011.
- MACHADO, Ane Graziela Stahlhöfer. **Meio ambiente de trabalho na construção civil: uma análise dos princípios do direito ambiental**. Dissertação de mestrado. Universidade de Caxias do Sul. 2015.
- RAMAZZINI, B. **As doenças dos trabalhadores**. Tradução de Raimundo Estrêla. 4ª. ed. São Paulo: Fundacentro, 2016.
- SANTOS, Zelãene dos. **Segurança no Trabalho e Meio Ambiente. NR-6 Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Coletiva (EPC)**. 2014. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-6\\_BLOG.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~mittmann/NR-6_BLOG.pdf) . Acesso em: 10 mar. 2023.
- SILVA, André Luiz Cabral da. **A Segurança do Trabalho Como Uma Ferramenta Para a Melhoria da Qualidade**. 2011. 147 f. Santa Maria (Rio Grande do Sul). Dissertação [Mestrado em Engenharia de Produção] – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Tecnologia; 2011.
- SILVA JUNIOR, D. C.; CAMBRAIA, F. B. Ambient. constr., Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 29-41, set. 2013.
- WELTER, Lara Borges. **Sistema de gestão saúde do trabalhador, proposta modelo para aplicação na construção civil**. 2014. 63 f. Ijuí (Rio Grande do Sul). 32 Monografia [Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho] – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias; 2014.





# 28

A IMPORTÂNCIA DA FERRAMENTA PDCA NO GERENCIAMENTO  
DE PROJETOS

THE IMPORTANCE OF THE PDCA TOOL IN PROJECT  
MANAGEMENT

Rômulo Bastos Ribeiro

## Resumo

O Ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para estabelecer a melhoria contínua dentro de uma organização. O uso dessa ferramenta traz, não somente capacidade de organização de processos, mas estabelece a padronização tão desejada pela Gestão da Qualidade. Somado ao PDCA, as ferramentas da qualidade surgem como mecanismos capazes de trazer à realidade as metas planejadas pelo Ciclo PDCA. Dessa forma, o uso assertivo entre o Ciclo PDCA e as ferramentas da qualidade pode ser uma ação poderosa para o desenvolvimento de melhoria contínua no contexto empresarial. Tendo em vista que o bom gerenciamento de custos de qualidade, como falhas operacionais e retrabalho, garante a sustentabilidade das empresas no mercado, o presente trabalho visa analisar e identificar o problema e reconhecer a sua importância, o que ele traz de ganhos se solucionado e que prejuízos se mantido se não for tomada nenhuma ação.

**Palavras-chave:** PDCA; Gerenciamento de projetos; Qualidade; Projeto; Metodologias.

## Abstract

The PDCA Cycle is a tool used to establish continuous improvement within an organization. The use of this tool brings not only the ability to organize processes, but also establishes the standardization so desired by Quality Management. Added to PDCA, quality tools emerge as mechanisms capable of bringing the goals planned by the PDCA Cycle to reality. In this way, the assertive use of the PDCA Cycle and quality tools can be a powerful action for the development of continuous improvement in the business context. Bearing in mind that good management of quality costs, such as operational failures and rework, guarantee the sustainability of companies in the market, this work aims to analyze and identify the problem and consider its importance, what gains it brings if solved and that losses will continue if no action is taken.

**Keywords:** PDCA; Project management; Quality; Project; Methodologies



## 1. INTRODUÇÃO

O PDCA é um ciclo que proporciona resultados distintos e complementares a cada utilização, escalável a todos os níveis da organização, o que faz com que ele possa ser utilizado como um método de uso preventivo e contínuo, que auxilia na identificação prévia e reparação de falhas no desenvolvimento de projetos, maximizando as chances de se obter sucesso nestes. A ferramenta PDCA torna possíveis os processos de gerenciamento de projetos mais ágeis, claros, funcionais e objetivos. Convém-se definir a qualidade do projeto pela conformidade da realização das entregas do projeto com os requisitos das partes interessadas e conforme o escopo. A utilização desta ferramenta no ambiente organizacional é um caminho possível para aprimorar os resultados dos projetos e alavancar a *performance* da empresa num mercado competitivo.

Uma vez que busca-se a excelência dos processos operacionais e produtivos, é necessário compreender a relação entre dois conceitos complementares, o gerenciamento de projetos e o Ciclo PDCA. Aparentemente simples, o Ciclo PDCA, torna-se uma ferramenta bastante eficaz no gerenciamento de projetos, uma vez que visa partir do planejamento da ação e atingir as etapas de execução e verificação para observar se os processos estão ou não em conformidade com os resultados esperados.

A crescente competitividade do mercado tem demandado uma maior preocupação das empresas em relação a expansão de seu *marketshare* e para tal, precisam diversificar e garantir a qualidade de seu portfólio de produtos ou serviços, tendo em vista que a exigência dos clientes tem aumentado e o atendimento satisfatório a estas é um dos coeficientes principais para definir a sobrevivência de uma empresa no mercado. É conveniente afirmar que cada organização tem suas particularidades próprias necessitando de estratégias específicas e, por esta razão aplicar conhecimentos, técnicas e ferramentas para que os objetivos sejam alcançados incorrem no gerenciamento de projetos. Diante disso, como a ferramenta PDCA pode exercer influência nos processos de gerenciamento de projetos para que estes tenham maiores chances de alcançar o sucesso?

O objetivo central deste estudo é compreender a influência do Ciclo PDCA nos processos de gerenciamento de projetos. E, para que o objetivo central fosse alcançado, tornou-se necessário: primeiramente explanar os conceitos de gerenciamento de projetos, conceituar Ciclo PDCA, e por fim, relacionar o Ciclo PDCA à melhoria dos processos no gerenciamento de riscos e custos em projetos.

A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa é uma revisão de literatura por meio de revisão bibliográfica do tema já especificado, baseada em livros, banco de dados informatizados, artigos científicos e revistas e bibliotecas virtuais. Convém salientar que o material bibliográfico reunido para fundamentar esta pesquisa foi preferencialmente publicado entre os anos de 1999 e 2014. As palavras-chave empregadas na busca do material bibliográfico foram: PDCA, gerenciamento de projetos, qualidade, projetos e metodologia.

## 2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

### 2.1 Projetos

Inicialmente, para compreender de fato o que é gerenciamento de projetos, convém considerar a definição de projeto. Ao longo dos anos, diversos autores e instituições vêm

apresentando suas resoluções a respeito do projeto. Uma das mais amplamente utilizadas é a citada pelo PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*, guia elaborado pela principal associação referência em gerenciamento de projetos, o PMI (*Project Management Institute*), que explana:

Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos do projeto são atingidos ou quando o projeto é encerrado porque os seus objetivos não serão ou não podem ser alcançados, ou quando a necessidade de o projeto deixar de existir. Um projeto também poderá ser encerrado se o cliente (cliente, patrocinador ou financiador) desejar encerrá-lo. Temporário não significa necessariamente de curta duração. O termo se refere ao engajamento do projeto e à sua longevidade (PMBOK, 2014).

O conceito de projeto segundo Orth (2009 p.15) é apresentado a seguir:

Um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma sequência clara e lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros predefinidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade.

Ainda conforme Valle *et al.* (2007, p. 28):

Um projeto é formado por um esforço, não permanente, ou seja, temporário, para a criação de um produto ou serviço. Como não é permanente, podemos afirmar que todos os projetos deveriam conter início, um desenvolvimento e um fim bem-definidos. O projeto é finalizado quando seus objetivos são alcançados, quando não for mais necessário ou quando ficar bem claro que seus objetivos não poderão ser atingidos ou não é compensador ir em frente.

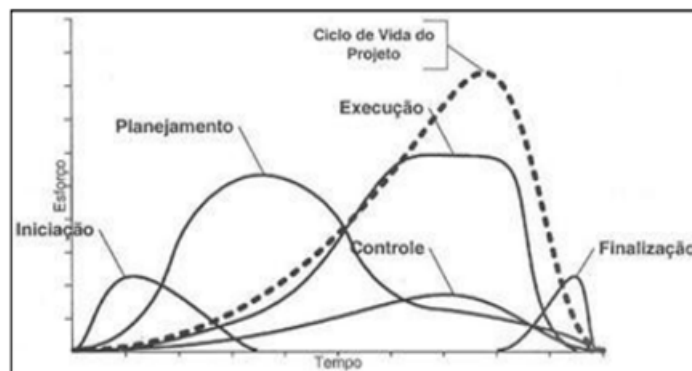
Compreende-se então que cada projeto apresenta características ou condições exclusivas que podem interferir diretamente no nível de complexidade, resultando num produto único, que pode ser tanto um bem tangível como intangível, no caso de serviços e eventos.

Ainda conforme o PMBOK (2014), são considerados exemplos de projetos: um produto final ou o aperfeiçoamento de um produto que já existe, serviços, o aprimoramento de uma linha de produção (por exemplo a aplicação dos princípios Seis Sigma em um processo visando a redução de falhas), ou ainda, um resultado, que pode ser tanto documento como produto.

## 2.2 Ciclo de vida de um projeto

As fases de um projeto constituem o conhecido ciclo de vida do projeto, conforme observa-se na Fig. 1. Vargas (2005, p. 38) menciona que as fases do ciclo de vida de um projeto relacionam-se, intrinsecamente, com a natureza do projeto. Um projeto desenvolve-se partindo de uma ideia inicial, progride para um plano, que conseqüentemente é executado e concluído. Apesar de poder ser distribuído e moldado conforme as características do projeto e da organização, todo projeto deve ter início e fim previamente bem definidos.



**Figura 1.** Ciclo de vida do projeto

Fonte: Vargas (2005, p. 35)

Vargas (2005, p. 39) descreve os cinco grupos de processos que compõem o ciclo de vida de um projeto, são elas:

- **Iniciação:** Marca o início do projeto, momento em que são definidos metas e objetivos a serem alcançados;
- **Planejamento:** onde são identificadas e selecionadas as estratégias de maior relevância para o projeto, detalhando precisamente como serão realizadas as próximas etapas;
- **Execução:** todo o planejamento prévio é materializado. Erros cometidos em fases anteriores ficam evidentes durante esta etapa. A maior parte do orçamento e do esforço do projeto consome-se nesta fase;
- **Controle:** acontece em paralelo com o planejamento operacional e a execução do projeto. O objetivo é assistir e controlar o que está a ser realizado pelo projeto propondo ações de correção e prevenção no menor espaço de tempo possível após uma anormalidade ser detectada;
- **Encerramento:** a execução dos trabalhos passa por uma avaliação por auditoria interna ou externa (terceiros) e documentos de encerramento são elaborados citando as falhas ou sucessos obtidos durante o desenvolvimento do projeto, servindo como documentos de aprendizado para projetos posteriores.

Fonseca (2006, p. 31) corrobora:

O ciclo de vida de um projeto é uma sequência em que cada fase é marcada pela conclusão de um ou mais produtos da fase, que são determinadas conforme a necessidade de cada iniciativa ou dos interesses envolvidos e descreve as etapas inicial, intermediária e final de um projeto.

## 2.3 Gerenciamento de projetos

O gerenciamento de projetos é um complexo de técnicas gerenciais que permitem que uma organização desenvolva habilidades, incluindo a prática do conhecimento e o estímulo de capacidades individuais, propostos ao controle de eventos únicos, não repetitivos em determinado espaço de tempo, e que aderem a um custo e qualidade específicos (VARGAS, 2009, p. 6).

Esta abordagem deve ser capaz de identificar e controlar prazos e custos de forma a



manter uma empresa competitiva no mercado superando as expectativas de seus clientes. A partir do devido gerenciamento, as empresas adquirem um melhor controle e consequentemente a confiança e fidelização do cliente, apresentando uma melhor administração e um expressivo índice de projetos bem-sucedidos. Valle et al (2007, p. 26) menciona que a tarefa principal do gerenciamento de projetos é justamente “a combinação do trabalho de diferentes pessoas para a execução de tarefas que seriam úteis para os clientes ou as organizações”.

Segundo Cleland (1997), existem sete coeficientes que quando considerados tornam a implementação do gerenciamento de projetos fundamental e lucrativa, a seguir apresentados na Figura 2.1 (apud VARGAS, 2016).

**Figura 2.** Quando o gerenciamento de projetos é necessário



Fonte: Vargas, 2016

1. O tamanho do empreendimento: em termos gerais, nesses casos as organizações carecem de maior volume de capital, mão de obra, e tempo;
2. Interdependência: mutualidade entre os departamentos ou dentro da cadeia de suprimentos, nas quais os serviços são veemente relacionados;
3. Importância do empreendimento: quanto maior o nível estratégico da organização ou quando é existente um alto grau de incerteza e risco;
4. Reputação da organização: quando uma possível falha no orçamento ou cronograma influencia a imagem do empreendimento no mercado;
5. Compartilhamento de recursos: frequentemente projetos podem necessitar de recursos caros e altamente especializados, tornando necessário o compartilhamento entre mais de um projeto ou trabalho. O gerenciamento de projetos nesse caso facilita a gestão dos recursos de forma a não haver desperdícios e/ou carências;
6. Não familiaridade: quando é exigido um esforço diferenciado do trabalho que já é realizado usualmente;
7. Mudança de mercado: quando novas tecnologias e/ou alterações no mercado interferem na estabilidade do perfil de mercado de um empreendimento.

Entre os benefícios provisionados pelo gerenciamento de projetos, cita-se a melhor aderência a prazos; maior flexibilidade para mudanças no escopo do projeto durante a sua execução; amplia a percepção do cliente em relação ao valor agregado ao produto em desenvolvimento; a perspectiva em prever possíveis problemas que poderão surgir durante o desenvolvimento do projeto, evitando, dessa forma, eventos desagradáveis; aumento da qualidade do produto ou serviço a ser entregue; aumento da produtividade no decorrer da execução; maior satisfação dos clientes; redução dos custos de desenvolvimento; aumento da qualidade na comunicação durante a execução; desenvolvimento de diferenciais competitivos, entre outros.

Outra vantagem do gerenciamento de projetos é sua aplicabilidade tanto em projetos grandes e complexos como em projetos pequenos e de pouca complexidade, independentemente da extensão do projeto, de seu orçamento ou do tipo de negócio a ser aplicado no projeto. (VARGAS, 2009, p. 11)

As cinco fases do ciclo de vida de um projeto, seguindo a abordagem tradicional de gerenciamento de projetos, especificam como as tarefas serão executadas e quais produtos ou serviços serão entregues durante o desenvolvimento do projeto. Cada um desses processos é caracterizado por uma entrega, ou seja, todas as fases do projeto precisam ser finalizadas para então iniciar-se a fase seguinte (VARGAS, 2009, p.3).

### 3. O CICLO PDCA

#### 3.1 Melhoria contínua relacionada ao ciclo PDCA

O método PDCA (*Plan* – Planejar; *Do* - Executar, *Check* - Controlar, *Action* - Atuar) tem ganhado destaque no âmbito organizacional como um ferramenta gerencial que visa a solução de problemas, sendo um eficaz modo de apresentar a melhoria contínua nos processos, em qualquer tipo de organização, seja ela iniciativa privada ou pública, ou uma organização sem fins lucrativos.

Vieira Filho (2010, p. 24) destaca o PDCA como uma técnica que dá suporte às tomadas de decisões de modo a melhorar as tarefas de uma empresa, sendo ainda, uma abordagem muito explorada na busca de desenvolvimento organizacional. Desta maneira, por meio da gestão eficaz de processos, torna-se possível a identificação e melhoria da *performance* produtiva quando esta não satisfaz as metas previamente estabelecidas. Desse modo, gerenciamento de processos, com a utilização do ciclo PDCA ganha cada vez mais relevância para alcançar níveis de excelência operacional, a partir da resolução de não conformidades, além de estimular nas empresas a criação de uma cultura orientada à melhoria contínua.

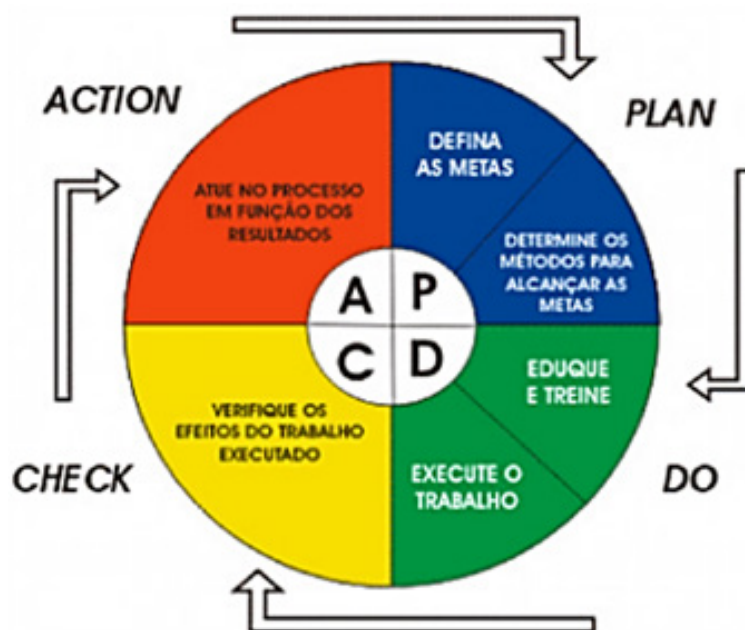
A aplicação do conceito de melhoria contínua fomenta a resolução de problemas através da identificação das causas, de forma a propor ações corretivas nos processos, evitando retrabalhos e desperdícios e, conseqüentemente, os custos internos de produção. Marshall Junior *et al.* (2006, p. 83) colaboram que a mera padronização de processos não é suficiente como estratégia competitiva de uma organização. É necessário melhorá-los continuamente. E, para tal, a ferramenta PDCA proporciona à organização a oportunidade de satisfazer as expectativas de todos os envolvidos nos processos, sejam eles, clientes externos ou internos.

## 3.2 O conceito de ciclo PDCA

Conforme Werkema (2012, p. 19), o ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming, é um método composto das seguintes etapas: Planejamento (*Plan*), estabelecimento de metas; execução (*Do*), execução da atividade seguindo o planejamento; verificação (*Check*), comparação entre a execução e o planejado; e atuação corretiva (*Action*), adoção de plano de ações corretivas dos desvios observados.

A Figura 3 demonstra como o controle de processos deve ser praticado conforme o Ciclo PDCA a fim de se atingir as metas planejadas, segundo a visão de Campos (1996).

**Figura 3.** Etapas do ciclo PDCA



**Fonte:** Campos (1996, p. 266)

### 3.2.1 Plan (P)

A primeira fase do ciclo é o Planejamento, onde são definidas as metas a serem alcançadas considerando que para um planejamento ocorrer, a organização deve ter seus objetivos bem definidos. Para Ahuja (1994 *apud* MATTOS, 2013, p. 6) planejar é “estipular objetivos, e então, determinar programas e procedimentos para o alcance desses objetivos. É tomar decisões para o futuro, olhar mais adiante”. Nesta etapa é estabelecido o caminho para obter o resultado esperado, servindo como pontapé inicial de todas as tarefas seguintes do processo.

Essa parte do módulo PLANEJAR irá tratar exclusivamente da análise detalhada do problema detectado, através dos fatos e dados, ou seja, irá descobrir todas as características do problema em questão por meio de coleta de dados. Nesta fase de reconhecimento do problema é aconselhável que se despenda o maior tempo possível, pois quanto mais estratificado estiver o problema, mais fácil será resolvê-lo (NASCIMENTO, 2011, P.11).

Esta fase é subdividida em outras cinco etapas apresentadas por Campos (2004 *apud* MATTOS, 2013, p. 7):

1. Identificação do problema;
2. Estabelecimento da meta;
3. Análise do fenômeno;
4. Análise do processo;
5. Plano de ação.

### 3.2.2 Do (D)

Nesta etapa do ciclo, são postos em prática as ações traçadas na etapa anterior. A execução deve acontecer de forma progressiva para assegurar a eficácia de cada medida. Campos (2001 *apud* MATTOS, 2013, p. 7) aborda essa fase dividindo-a em duas etapas: o treinamento – comunicação do planejamento a todos os colaboradores envolvidos no processo de forma que cada indivíduo entenda sua participação no processo –, e execução da tarefa – onde o plano será efetivamente executado. Para que a próxima fase do processo ocorra de forma correta é necessária a verificação periódica em cada processo que tenha ações sendo executadas, de forma que sejam feitos registros, positivos ou negativos, que servirão como base para o controle.

### 3.2.3 Check (C)

Esta etapa refere-se ao monitoramento e medição das ações executadas anteriormente, uma vez que com os registros obtidos durante a execução, poderá ser feita uma análise comparativa dos resultados obtidos no processo.

O terceiro módulo do ciclo PDCA é definido como a fase de verificação das ações executadas na etapa anterior (DO). Essa fase irá se basear nos resultados das ações procedentes da fase de planejamento, e devido a esse fato, todas as ações deverão ser monitoradas e formalizadas adequadamente na fase EXECUTAR, para que a verificação dos resultados na fase em questão passa ser realizada de maneira mais eficaz possível, sendo que, na maioria dos casos, as empresas possuem sistemas de follow up padronizados, a fim de relatar todos os resultados obtidos com as ações pré-estipuladas (NASCIMENTO, 2011, p.21).

### 3.2.4 Action (A)

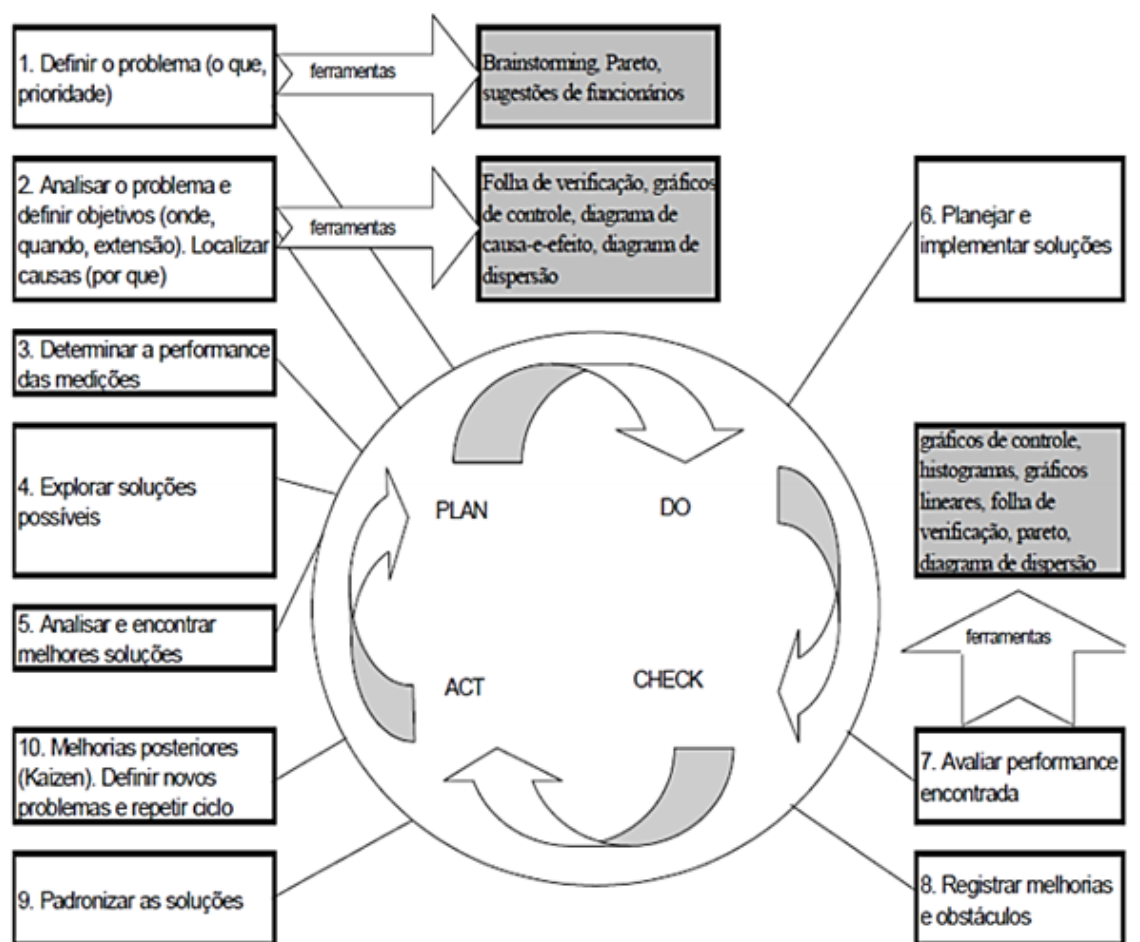
Nesta etapa é realizada a padronização das ações executadas, que já foram monitoradas e validadas na etapa anterior. Caso seja encontrada alguma não conformidade entre o planejamento e a execução das ações, uma tomada de decisão é necessária para trazer o processo de volta às diretrizes. Após a constatação do desvio, o colaborador irá atuar de forma a tomar ações corretivas que atuem sobre as causas que não permitiram o alcance da meta.

O plano de ação apresenta como o produto de todo o ciclo PDCA. Nele, estão contidas, de forma detalhada, todas as ações a serem tomadas, para se alcançar a meta programada inicialmente. Na visão de Paladini (2009, p. 136), a finalidade do plano de ação é tornar operacional a introdução das metas de forma que a probabilidade de sucesso aumente.

Depois de preparado, o plano de ação deve ser executado e constantemente acompanhado, assegurando que as metas sejam cumpridas.

A Figura 4 apresenta as fases do ciclo PDCA para resolução de problemas com suas respectivas ações e ainda relaciona ferramentas que associam-se a algumas etapas. A exemplo, na fase inicial, *Plan* (P), ferramentas como o Gráfico de Pareto e Diagrama de Causa e Efeito auxiliam as análises de fenômenos e processos proporcionando maior confiabilidade ao planejamento e a ferramenta *Brainstorming* auxilia a identificação das causas do problema a ser solucionado.

**Figura 4.** Etapas do Ciclo PDCA e ferramentas associadas



**Fonte:** Ahmed e Hassan (2003)

## 4. APLICAÇÃO DO PDCA AO GERENCIAMENTO DE CUSTOS E RISCOS EM PROJETOS

O PDCA relaciona-se inteiramente às fases do ciclo de vida de projetos, que conforme considerado anteriormente, é formado pelos processos de iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento. O gerenciamento de projetos abrange dez áreas de conhecimento: gerenciamento de stakeholders, integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos e aquisições. O PDCA integra-se veementemente à execução dos processos dessas áreas, destacando-se neste estudo, duas que são de fundamental importância para alcançar os resultados dos projetos: o gerenciamento de riscos e custos.

O PDCA tem devida importância, por exemplo, nos processos de estimativa de custos,



através de ferramentas da qualidade associadas a este ciclo como histograma, gráfico de Pareto e análises históricas. O PDCA também pode ser útil para facilitar a elaboração do orçamento do projeto, alinhando este com as metas estratégicas da organização. É de fundamental importância também para o Monitoramento e Controle de Custos, através das etapas C (*Check*) e A (*Action*) (PERES, 2014).

Destacando ainda o gerenciamento de riscos, o Guia PMBOK ressalta as etapas de planejamento, identificação, análise, planejamento de respostas, monitoramento e controle de riscos de um projeto. A finalidade do gerenciamento de riscos é justamente maximizar as chances de sucesso e os impactos de eventos positivos no projeto. Segundo Peres (2014) “quando o planejamento é realizado minuciosamente e bem estruturado amplia o indício de sucesso para as outras etapas do gerenciamento dos riscos.”

Desse modo, o gerenciamento de riscos aceita a abordagem PDCA, visto que esta tem como objetivo a promoção de melhoria contínua. Quando, após as análises, são identificados os riscos no projeto, deve-se explorar rapidamente onde eles estão e discutir medidas corretivas para estes. Ressalta-se aqui a criação do plano de ação, como resultado final da implantação do ciclo PDCA, que auxilia a empresa a mitigar os riscos, ou eliminá-los. Convém notar que independente de qual for a estratégia adotada na identificação dos riscos, deve haver um acompanhamento assíduo para que estes não voltem a ocorrer (PERES, 2014)

Por se tratar de uma técnica de fácil aplicação e bastante intuitiva, o Ciclo PDCA tem ampla abrangência podendo ser aplicado a praticamente qualquer tipo de projeto, dos mais simples aos mais complexos, pois auxilia no direcionamento da equipe de projeto para o desenvolvimento de melhoria contínua, estimulando os sentidos para a uma rápida identificação de falhas e oportunidades de aperfeiçoamento e ainda contribuindo para que os envolvidos consigam visualizar de forma clara as mudanças realizadas.

## 5. CONCLUSÃO

O ciclo PDCA apresenta na Gestão Estratégica das empresas seu maior potencial de aplicação, pois ele irá trabalhar seus problemas do dia-a-dia e através da utilização de todos os recursos inerentes ao método, os problemas que prejudicam a sobrevivência das empresas serão identificados, priorizados pelo seu grau de importância e pelo impacto negativo que causa ao negócio, serão tratados de forma eficaz, com ações que irão bloquear as causas levantadas.

O primeiro passo para se iniciar a gestão estratégica é a realização do Diagnóstico Gerencial da Rotina (DGR), onde será mapeada a situação atual das empresas, seguido do estabelecimento das metas que permeiam todas as áreas das empresas. Inicialmente serão definidas as metas de melhorias (sobrevivência) que serão tratadas através da metodologia do PDCA. Todas as áreas da empresa devem contribuir com o trabalho de PDCA, envolvendo o maior número de profissionais possível, para isso as empresas devem treinar seus profissionais na metodologia de gestão a ser utilizada (ciclo PDCA).

Realizado o diagnóstico das empresas em termos gerenciais, e tendo sido efetuada a etapa de treinamento do método de gestão, inicia-se de fato o processo de implementação. Na sequência, as empresas deverão seguir os passos descritos no método de melhorias PDCA, finalizando o módulo PLAN com os respectivos planos de ações, os quais, como já descrito, estarão “dissolvidos” em cada área e seguindo os passos para execução desses planos de acordo com os módulos seguintes – DO, CHECK e ACT – do ciclo PDCA.

## Referências

- AHMED, S.; HASSAN, M. **Survey and case investigations on application of quality management tools and techniques in SMIs. International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 07, p. 795-826, 2003.
- CAMPOS, Wemerson A. **ISO 9001:2015. Princípios e Requisitos**. 1ª Ed. 2015.
- FONSECA, S. U. L. (2006). Benefícios da adoção do modelo PMBOK no desenvolvimento e implantação do projeto de tecnologia da informação de um operador logístico: um estudo de caso da Word Cargo. Dissertação de Mestrado em Gestão de Negócios. Universidade Católica de Santos. Santos, São Paulo, SP, Brasil.
- MARSHALL, J. I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da qualidade**. 7. Ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006
- MATTOS, F. B. de M. **A utilização do método PDCA para a melhoria dos serviços de empreiteiras em obras de edificações**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007900.pdf>> Acesso em: 30 outubro. 2019.
- NASCIMENTO, A. F. G. **A utilização da Metodologia do ciclo PDCA no Gerenciamento da Melhoria Contínua**. Minas Gerais: Ed. ICAP/MG, 2011. Disponível em:<[http://www.icap.com.br/biblioteca/175655010212\\_Monografia\\_Adriano\\_Fagner.pdf](http://www.icap.com.br/biblioteca/175655010212_Monografia_Adriano_Fagner.pdf)>Acesso em: 30 out. 2019.
- PALADINI, E. P. **Gestão estratégica da Qualidade: princípios, métodos e processos**. Editora Atlas, São Paulo, 2009.
- PERES, Rafael. **As contribuições do método PDCA no gerenciamento de custos e riscos de projetos**. 2014 Disponível em:< <https://administradores.com.br/artigos/as-contribuicoes-do-metodo-pdca-no-gerenciamento-de-custos-e-riscos-de-projetos>> Acesso em 30 out.2019
- PMBOK GUIDE Project Management Institute, Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos*. 5. ed. Newtown Square: Project Management Institute, Inc., 2014.
- VALLE, A. B., Soares, P. C. A., Finocchio, J. Jr., & Silva L. S. F. (2007). Fundamentos do gerenciamento de projetos. Rio de Janeiro: FGV.
- VARGAS, R.V., **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.
- VIEIRA FILHO, G. **Gestão da Qualidade Total: Uma abordagem prática**. 3. ed. Campinas: Alínea. 2010
- WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura Lean Seis Sigma**. 2 ed. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2012.





# 29

ESTUDO DA EFICÁCIA DO USO DE EQUIPAMENTOS DE  
PROTEÇÃO INDIVIDUAL NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES DE  
TRABALHO NA INDÚSTRIA

STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PERSONAL  
PROTECTIVE EQUIPMENT IN THE PREVENTION OF WORK  
ACCIDENTS IN INDUSTRY

Willy Pereira Teixeira

## Resumo

Este estudo abordou a eficácia do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) na prevenção de acidentes de trabalho na indústria. A pesquisa buscou identificar as principais causas de acidentes, avaliar a eficácia dos EPIs e apresentar sugestões para melhorar sua utilização. A metodologia adotada foi de revisão bibliográfica, enfocando a análise de estudos qualitativos e descritivos relacionados ao tema. Os resultados indicaram que os EPIs desempenham um papel fundamental na proteção dos trabalhadores, mas sua eficácia depende da conscientização, treinamento adequado e supervisão. Recomendações incluem a continuação de investimentos em programas de segurança do trabalho, a avaliação periódica desses programas e a busca por inovações tecnológicas em EPIs. Este estudo destaca a responsabilidade compartilhada entre empregadores, trabalhadores e órgãos reguladores na busca por ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis. A segurança no trabalho é essencial para proteger a saúde dos trabalhadores e evitar acidentes ocupacionais, contribuindo para o bem-estar de todos os envolvidos.

**Palavras-chave:** Equipamentos de Proteção Individual, acidentes de trabalho, segurança do trabalho, prevenção, indústria.

## Abstract

This study addressed the effectiveness of using Personal Protective Equipment (PPE) in preventing workplace accidents in the industry. The research aimed to identify the main causes of accidents, assess the effectiveness of PPE, and provide suggestions for improving their utilization. The adopted methodology involved a literature review, focusing on the analysis of qualitative and descriptive studies related to the topic. The results indicated that PPE plays a crucial role in protecting workers, but its effectiveness depends on awareness, proper training, and supervision. Recommendations include continued investments in occupational safety programs, periodic evaluation of these programs, and the pursuit of technological innovations in PPE. This study highlights the shared responsibility among employers, workers, and regulatory bodies in striving for safer and healthier work environments. Workplace safety is essential for safeguarding the health of workers and preventing occupational accidents, contributing to the well-being of all involved.

**Keywords:** Personal Protective Equipment, workplace accidents, occupational safety, prevention, industry.



## 1. INTRODUÇÃO

A indústria é um setor importante da economia, mas também é conhecida por apresentar altos índices de acidentes de trabalho. Muitas vezes, esses acidentes podem ser evitados com o uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPIs). Por isso, o tema do trabalho de conclusão de curso proposto é “Estudo da eficácia do uso de equipamentos de proteção individual na prevenção de acidentes de trabalho na indústria”. O objetivo deste estudo é analisar a eficácia dos EPIs na prevenção de acidentes de trabalho em empresas da indústria. Para isso, foi realizado levantamentos bibliográficos para identificar as principais causas de acidentes de trabalho na indústria, bem como as medidas preventivas mais eficazes.

A justificativa deste estudo se dá pelo fato de que, apesar da obrigatoriedade do uso de EPIs em muitas atividades, ainda é comum a ocorrência de acidentes relacionados à falta de utilização correta desses equipamentos. Portanto, a pesquisa se propõe a investigar a eficácia do uso de EPIs na prevenção de acidentes de trabalho na indústria, com o objetivo de identificar possíveis falhas na sua utilização e buscar soluções para minimizar os riscos de acidentes. Ademais, a presente pesquisa poderá contribuir para a melhoria das condições de trabalho na indústria, visto que, com a análise dos resultados obtidos, será possível sugerir ações preventivas mais efetivas e aprimorar as medidas de segurança já existentes. Além disso, a pesquisa poderá contribuir para a comunidade acadêmica, uma vez que ampliará o conhecimento acerca da eficácia dos EPIs e dos impactos que seu uso inadequado pode causar na segurança dos trabalhadores.

Os objetivos deste estudo serão identificar as principais causas de acidentes de trabalho na indústria, avaliar a eficácia dos EPIs na prevenção desses acidentes e apresentar sugestões para melhorar a utilização desses equipamentos pelos trabalhadores. Sendo assim o problema de pesquisa que norteará o estudo é: Qual é a eficácia do uso de equipamentos de proteção individual na prevenção de acidentes de trabalho na indústria? Com o Objetivo geral, investigar a eficácia do uso de equipamentos de proteção individual na prevenção de acidentes de trabalho na indústria, e objetivos secundários, analisar os principais acidentes de trabalho relacionados à falta de uso de equipamentos de proteção individual; Identificar possíveis falhas no uso de equipamentos de proteção individual e suas causas; pesquisar as políticas e regulamentações governamentais relacionadas à obrigatoriedade e fiscalização do uso de EPIs na indústria.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A metodologia adotada para este estudo consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo e descritivo, cujo principal objetivo era analisar, interpretar e discutir informações obtidas a partir de uma revisão da literatura relacionada ao tema em questão. Para a condução da revisão bibliográfica, foram selecionadas fontes de informação de relevância, incluindo artigos científicos, livros, teses, dissertações e outras publicações disponíveis em bases de dados reconhecidas, tais como Scopus, Web of Science e SciELO. A pesquisa bibliográfica envolveu a utilização de palavras-chave pertinentes ao tópico de estudo, como “equipamentos de proteção individual”, “prevenção de acidentes de trabalho” e “indústria”. Os principais autores cujas obras foram consultadas incluem De Souza e



De Melo, Souza Pinho, Cisz, bem como as Normas Regulamentadoras 06 e 09 Brasileiras. Como critério de seleção, foram considerados materiais dos autores e textos científicos publicados nos últimos 10 anos, relacionados às palavras-chave da pesquisa, com a exclusão de textos que não atendiam aos critérios de inclusão estabelecidos.

## 2.2 Resultados e Discussão

A segurança no ambiente de trabalho compreende um conjunto abrangente de medidas e ações preventivas que visam primordialmente à salvaguarda da saúde e preservação da integridade física dos trabalhadores, ao mesmo tempo que buscam evitar ocorrências de acidentes laborais e enfermidades laborais. Estas ações e medidas desempenham um papel crítico na criação de um cenário laboral não apenas seguro, mas igualmente propício à realização eficaz e eficiente das tarefas profissionais.

Segundo Souza (2020) a segurança do trabalho engloba um leque variado de medidas e procedimentos destinados a assegurar tanto a saúde e bem-estar dos colaboradores quanto a mitigação dos riscos associados a acidentes e doenças ocupacionais. Este domínio laboral assume uma importância incontestável, uma vez que é incumbência vital tanto para a proteção dos trabalhadores como para o bom funcionamento das empresas. As diretrizes da segurança laboral abarcam a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), a observância de práticas de trabalho seguras, a implementação de programas preventivos de acidentes e a conformidade com regulamentos de segurança ambiental no local de trabalho.

### 2.2.1 Acidentes de trabalho

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) representam dispositivos de segurança utilizados pelos trabalhadores com o propósito de preservar tanto a integridade física quanto a saúde psicológica no desempenho de suas tarefas laborais. Conforme estipulado na Norma Regulamentadora nº 6 (NR 6) do Ministério do Trabalho e Emprego, os EPIs se definem como “todo dispositivo ou produto de uso individual empregado pelo trabalhador, destinado à proteção contra riscos que possam ameaçar a segurança e a saúde no ambiente de trabalho” (BRASIL, 2018, p.1).

Existem uma gama variada de EPIs está disponível, incluindo capacetes, óculos de proteção, luvas, protetores auriculares, respiradores, entre outros. Cada categoria de EPI é meticulosamente concebida para salvaguardar os trabalhadores contra riscos específicos, como exemplificado pelo uso de capacetes para resguardar a cabeça contra impactos ou o uso de luvas para proteger as mãos de cortes e queimaduras.

No âmbito do Brasil, a regulamentação referente aos EPIs está sob a alçada da NR 6, a qual estipula as responsabilidades dos empregadores e dos trabalhadores no que concerne à utilização de equipamentos de proteção individual. De acordo com as disposições normativas, cabe ao empregador o fornecimento gratuito de EPIs que sejam apropriados para o risco em questão, mantendo-os em perfeito estado de conservação e funcionamento, além de incumbir-lhe a orientação e o treinamento dos trabalhadores acerca do correto manuseio dos equipamentos (BRASIL, 2018).

Já para o trabalhador, é obrigatório o uso dos EPIs fornecidos pelo empregador, bem como o zelo pela guarda e manutenção destes dispositivos, e a comunicação ao empregador de qualquer alteração que torne o EPI inadequado para uso (BRASIL, 2018).



### 2.2.2 Equipamentos de proteção individual (EPIs)

Os EPIs consistem em dispositivos e produtos adotados pelos trabalhadores para salvaguardá-los de ameaças suscetíveis à integridade física e saúde no âmbito profissional. Estes EPIs englobam uma diversidade de categorias, tais como protetores auriculares, capacetes, óculos de proteção, máscaras respiratórias, luvas, botas, cintos de segurança, entre outros, com o desígnio de resguardar os trabalhadores contra perigos de natureza física, química, biológica ou ergonômica.

Embora a utilização de EPIs seja fundamental para a proteção do trabalhador, a sua efetividade pode ser influenciada por alguns fatores, como a qualidade dos equipamentos, a frequência de uso, a supervisão e a conscientização dos trabalhadores sobre a sua importância. Um estudo realizado por De Souza e De Melo (2020) constatou que, para reduzir acidentes de trabalho, os EPIs são eficazes, desde que sua aplicação seja de acordo com normas de segurança estabelecidas e utilizados de maneira apropriada.

Por outro lado, os EPIs apresentam algumas limitações na prevenção de acidentes de trabalho, como o desconforto ou interferência na realização das atividades laborais, além de não oferecerem proteção adequada em algumas situações, como no caso de produtos químicos que podem penetrar na pele através de luvas de proteção.

No Brasil, a legislação trabalhista exige que os empregadores forneçam gratuitamente os EPIs necessários para a proteção dos trabalhadores, e que os trabalhadores utilizem corretamente os equipamentos fornecidos, além de zelar pela sua guarda e conservação. É importante que o empregador ofereça equipamentos de qualidade e oriente os trabalhadores sobre a sua importância, e que sejam implementadas outras medidas preventivas, como treinamentos, adequação de processos e ambientes de trabalho, para minimizar os riscos de acidentes. (BRASIL, 2018).

### 2.2.3 Efetividade dos EPIs na prevenção de acidentes de trabalho

O tema em foco apresenta uma importância inquestionável no contexto industrial, alinhando-se perfeitamente com o propósito central desta pesquisa. A avaliação do impacto dos EPIs na salvaguarda dos trabalhadores se configura como uma peça-chave para a compreensão da sua efetiva contribuição na redução de incidentes laborais.

Conforme apurado pela investigação conduzida por Souza (2020), a utilização adequada dos EPIs desempenha um papel verdadeiramente crucial na defesa da saúde dos colaboradores e na prevenção de acidentes laborais. Quando empregados de acordo com as orientações, esses dispositivos têm a capacidade de mitigar a exposição a substâncias nocivas, proteger contra danos físicos e, em última análise, estabelecer um ambiente de trabalho notoriamente mais seguro.

Cisz (2015) complementa que, para avaliar a efetividade dos EPIs, é necessário considerar não apenas sua disponibilidade, mas também a conscientização e o treinamento dos trabalhadores para seu uso adequado. Falhas nesse aspecto podem comprometer a eficácia dos equipamentos.

Além disso, Pinho (2022) destaca que a evolução tecnológica tem levado a melhorias nos EPIs, tornando-os mais eficazes e confortáveis. Isso ressalta a importância de investigar as inovações tecnológicas em EPIs, como materiais mais avançados e designs ergonômicos, que têm o potencial de melhorar ainda mais a segurança na indústria.

Portanto, a efetividade dos EPIs na prevenção de acidentes de trabalho é uma ques-

tão multidimensional que abrange não apenas a disponibilidade dos equipamentos, mas também sua correta utilização, conscientização dos trabalhadores e as inovações tecnológicas que podem aprimorá-los. Essa análise é fundamental para atingir os objetivos deste estudo e melhorar a segurança ocupacional na indústria.

## **2.2.4 Programas de prevenção de acidentes de trabalho**

Esses programas têm como objetivo primordial a minimização dos riscos presentes no ambiente laboral, com o intuito de prevenir a ocorrência de acidentes e fortalecer a segurança dos trabalhadores. Para atingir esse propósito, torna-se imperativo realizar uma meticulosa análise dos riscos associados a cada tarefa, promover treinamentos especializados para os funcionários de acordo com suas atividades, garantir a adequação e disponibilidade dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) apropriados, estabelecer uma sinalização eficaz e fomentar a conscientização dos colaboradores sobre os potenciais riscos inerentes ao ambiente de trabalho.

Consoante ao Ministério da Economia do Brasil, os programas de prevenção de acidentes de trabalho devem estritamente aderir às diretrizes estabelecidas pela Norma Regulamentadora 9. Essa norma proporciona um arcabouço regulatório abrangente para a implementação de medidas preventivas em ambientes laborais, a fim de garantir que as políticas de segurança sejam rigorosamente aplicadas e supervisionadas, contribuindo para a preservação da integridade dos trabalhadores e a prevenção de acidentes de trabalho (BRASIL, 2021).

## **2.2.5 Implantação de programas de segurança do trabalho na indústria**

A implementação de programas de segurança no ambiente de trabalho é de importância crucial para assegurar um ambiente laboral seguro e protegido para os trabalhadores, especialmente quando se trata da investigação da eficácia do uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) na prevenção de acidentes. Esses programas são meticulosamente desenvolvidos com o propósito de minimizar os riscos envolvidos, fomentar a utilização adequada de EPIs e reduzir incidentes no contexto do ambiente de trabalho.

Conforme observado por Cisz (2015), os EPIs desempenham uma função vital na proteção individual dos trabalhadores, contudo, é crucial compreender que sua eficácia está intrinsecamente ligada à conscientização dos trabalhadores e à forma correta de utilização. Nesse sentido, a integração dos programas de segurança engloba a necessidade de conscientizar os trabalhadores quanto à importância dos EPIs e proporcionar um treinamento adequado para sua utilização.

Além disso, é imperativo notar, conforme ressaltado na pesquisa de Souza (2020), que a identificação de possíveis deficiências na utilização dos EPIs e suas respectivas origens é um dos objetivos secundários desses programas. Programas de segurança bem elaborados englobam, inclusive, a análise de incidentes passados a fim de identificar onde ocorreram as falhas e como podem ser evitadas no futuro.

A busca por avanços tecnológicos no âmbito dos EPIs, como salientado por Pinho (2022), também se consubstancia como uma parte fundamental destes programas. A efetiva implementação dos programas de segurança pressupõe a consideração da inclusão de EPIs mais sofisticados e eficazes, que possam contribuir para aprimorar ainda mais a proteção dos trabalhadores na indústria.



Desta maneira, a implementação de programas de segurança no ambiente de trabalho na indústria assume um papel central no êxito da pesquisa sobre a eficácia dos EPIs na prevenção de acidentes. Estes programas abrangem desde o processo de conscientização e treinamento dos trabalhadores até a minuciosa análise de incidentes pregressos, bem como a busca ativa de inovações tecnológicas relacionadas aos EPIs, desempenhando um papel fundamental no reforço da segurança dos trabalhadores no setor industrial.

### **2.2.6 Monitoramento e avaliação dos programas de segurança do trabalho**

Quanto ao monitoramento e avaliação dos programas de segurança do trabalho, a eficácia dos programas de segurança do trabalho na indústria, em relação ao uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para a prevenção de acidentes, depende significativamente do monitoramento e avaliação contínuos. De acordo com o Ministério da Economia do Brasil, a avaliação dos programas deve ser feita anualmente, com o objetivo de identificar possíveis falhas e corrigi-las (BRASIL, 2021). Isso se alinha com o objetivo de investigar os principais acidentes relacionados à falta de uso de EPIs e identificar possíveis falhas.

De acordo com Cisz (2015), o processo de supervisão engloba a minuciosa coleta de dados relativos a incidentes, lesões e a aplicação dos EPIs. A análise destes dados possibilita a identificação de tendências e áreas suscetíveis a preocupações, revelando, por exemplo, que a persistência de um tipo particular de acidente, apesar da disponibilidade de EPIs, pode denotar uma fragilidade no programa de segurança em vigor.

Conforme ressaltado por Pinho (2022), a avaliação abarca a análise da efetividade dos EPIs em contextos reais de trabalho, abrangendo inspeções regulares para certificar-se de que os colaboradores utilizam os equipamentos de forma apropriada e que estes se encontram em estado satisfatório. Adicionalmente, a qualidade e adequação dos EPIs são também alvo de avaliação.

A pesquisa de Souza (2020) sublinha a necessidade de uma avaliação holística dos programas de segurança laboral, abordando não somente a utilização dos EPIs, mas também a avaliação dos resultados alcançados, nomeadamente no que se refere à redução de acidentes e lesões.

Resumindo, o acompanhamento e a avaliação contínua dos programas de segurança no ambiente laboral da indústria são fundamentais para garantir a consecução dos objetivos, especialmente no que concerne à eficaz aplicação dos EPIs. Esta prática possibilita a identificação de eventuais problemáticas, a implementação de melhorias e a preservação de um ambiente de trabalho seguro e saudável para todos os funcionários.

## **3. CONCLUSÃO**

O propósito central deste estudo consistiu em uma investigação sobre a efetividade dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) na mitigação dos riscos de acidentes de trabalho na indústria, abrangendo uma ampla gama de aspectos intrinsecamente relacionados a esse tema, de inegável relevância na esfera da segurança dos trabalhadores.

No que concerne à análise da eficácia dos EPIs na prevenção de acidentes de trabalho no âmbito industrial, os resultados obtidos ressaltam que esses dispositivos desempenham um papel primordial na salvaguarda da integridade dos trabalhadores, desde que em-

pregados de maneira apropriada. Concomitantemente, é inegável que tais equipamentos possuem a capacidade de atenuar a exposição a uma ampla gama de riscos, englobando ameaças de natureza física, química, biológica e ergonômica, o que, por conseguinte, concorre para um ambiente laboral mais seguro.

Partindo do acervo de dados adquiridos, emergem recomendações de natureza preponderante. Em primeiro plano, subsiste a imperativa necessidade de que as organizações prossigam em seus esforços de investimento em programas de segurança laboral, os quais devem abranger, de modo prioritário, a promoção de treinamentos condizentes com a utilização dos EPIs e a conscientização dos colaboradores acerca da relevância desses dispositivos. Além disso, a contínua avaliação dos programas de segurança e a ininterrupta busca por inovações tecnológicas em relação aos EPIs devem ser veementemente encorajadas.

Em última análise, a prevenção de acidentes laborais no âmbito industrial se caracteriza como uma missão compartilhada entre empregadores, trabalhadores e entidades reguladoras, e o emprego eficaz dos EPIs é apenas uma vertente dessa cooperação coletiva. Nesse contexto, a importância dos EPIs deve ser incessantemente ressaltada, constituindo-se em uma pedra angular na busca de ambientes de trabalho mais seguros e salutar para todos os indivíduos envolvidos.

## Referências

CISZ, Cleiton Rodrigo. **Conscientização do uso de EPI's, quanto à segurança pessoal e coletiva**. 2015. 44 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) –Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em: [https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17681/2/CT\\_CEEST\\_XXIX\\_2015\\_07.pdf](https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17681/2/CT_CEEST_XXIX_2015_07.pdf)

DE SOUZA, L. C.; DE MELO, F. X. **A Importância do uso de EPI na prevenção de acidentes**. Diálogos Interdisciplinares, v. 9, n. 1, p. 200-215, 23 maio 2020. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/dialogos/article/view/857>

NR 06 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI (Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978);

NR 09 - AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS EXPOSIÇÕES OCUPACIONAIS A AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS (Portaria MTb n.º 3214, em 8 de junho de 1978)

PINHO, Matheus Oliveira. **A Importância Do Uso Dos EPI's (Equipamentos De Proteção Individual) Na Construção Civil**, Dezembro de 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/29413>

SOUZA, Erylson. **A Importância Da Segurança Do Trabalho Para A Indústria**. Revista Processos Químicos, v. 16, n. 30, p. 111-115, 2022.

SOUZA, Thaís da Fonseca. **Avaliação Da Percepção Do Uso De EPIS E Medidas Preventivas De Segurança Por Trabalhadores Da Indústria Têxtil**. 2022. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48808>







# 30

TÉCNICAS DE SEGURANÇA DO TRABALHO EM GRANDES  
ALTURAS: UMA ANÁLISE SOB À ÓTICA DA NR 06 E DA NR 35  
SAFETY TECHNIQUES FOR WORKING AT GREAT HEIGHTS: AN  
ANALYSIS FROM THE PERSPECTIVE OF NR 06 AND NR 35

João Marcos Gomes Silva Ciroli

## Resumo

A aplicação da NR 06 e da NR 35 colabora diretamente para evitar acidentes no trabalho diante da realização de atividades em grandes alturas na construção civil. O objetivo geral consiste em realizar uma revisão bibliográfica sobre como a atuação dos engenheiros de produção nas empresas da engenharia civil contribui para evitar acidentes na realização de atividades em grandes alturas. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, onde foram utilizadas as bases de dados SCIELO e CAPES, com o uso dos seguintes descritores: segurança do trabalho, engenheiros de produção, NR 06 e NR 35, acidentes. Os resultados da pesquisa evidenciaram que o engenheiro de produção poderá contribuir para alcançar tal objetivo através da criação de mecanismo do sistema de proteção contra quedas, curso de capacitação, monitoramento e avaliação do emprego dos equipamentos de proteção individual e a criação de procedimentos internos, que aumentem a aplicação das normas vigentes, com o objetivo de evitar acidentes em grandes alturas na construção civil. Conclui-se que existe um longo caminho a ser percorrido, com o objetivo de minimizar as causas de acidentes do trabalho na construção civil, envolvendo a realização de atividades em grandes alturas. Este, por sua vez, se torna um desafio para o poder público, a iniciativa privada, as instituições de ensino e a sociedade civil garantir a aplicação da NR 06 e da NR 35, como forma de resguardar a integridade física dos trabalhadores.

**Palavras-chaves:** Acidentes. Altura. Segurança. Trabalho. Engenheiro Produção.

## Abstract

The application of NR 06 and NR 35 directly contributes to preventing accidents at work when performing activities at great heights in civil construction. The general objective is to conduct a bibliographic review on how the performance of production engineers in civil engineering companies contributes to preventing accidents when performing activities at great heights. To this end, a bibliographic research was carried out, using the SCIELO and CAPES databases, using the following descriptors: occupational safety, production engineers, NR 06 and NR 35, accidents. The results of the research showed that production engineers can contribute to achieving this objective by creating a fall protection system mechanism, training courses, monitoring and evaluating the use of personal protective equipment, and creating internal procedures that increase the application of current standards, with the aim of preventing accidents at great heights in civil construction. It is concluded that there is a long way to go in order to minimize the causes of accidents at work in civil construction, involving the performance of activities at great heights. This, in turn, becomes a challenge for the government, private initiative, educational institutions and civil society to ensure the application of NR 06 and NR 35, as a way of protecting the physical integrity of workers.

**Keywords:** Accidents. Height. Safety. Work. Production Engineer.



## 1. INTRODUÇÃO

A segurança do trabalho tem sido um importante viés para inibir a ocorrência de acidentes no ambiente laboral, ainda mais quando as atividades trabalhistas apresentam um elevado grau de periculosidade, como é o caso da construção civil de edifícios, que realiza uma série de trabalhos em grandes alturas.

A escolha pelo referido tema “Técnicas de segurança do trabalho em grandes alturas: uma análise sob a ótica da NR 06 e NR 35”, justifica-se pelo fato de observar que a construção civil de edifícios envolve uma série de atividades em grandes alturas, o que requer uma série de cuidados preventivos, com o objetivo de evitar os riscos de acidentes, pois caso aconteçam poderá ter registro de óbitos ou até o profissional perder as suas capacidades laborais, dentre outros problema que poderão atrapalhar o andamento da obra e ocasionar prejuízos aos empregadores e empregados.

Vale ressaltar muitas empresas da área da construção civil estão investindo na contratação de engenheiros de produção, com objetivo de utilizarem o conhecimento destes profissionais para criar mecanismos sistematizados que fiscalizem e controlem as atividades em grandes alturas realizadas pelos empregados, principalmente no tocante a utilização dos itens de proteção e segurança, assim como levantem dados e informações que corroborem para evitar acidentes no ambiente de trabalho.

Á área da engenharia civil se configura por apresentar riscos à saúde dos seus colaboradores, principalmente quando se realiza trabalhos em grandes alturas, como normalmente acontece na construção de edifícios localizados nos centros urbanos. Esse cenário reforça a necessidade de as empresas possuírem no seu corpo técnico engenheiros de produção para atuar na implementação do uso da Normas Regulamentadoras como forma de evitar acidentes no trabalho.

O problema que motivou o interesse em abordar essa temática está baseado na seguinte pergunta: “Até que ponto os engenheiros de produção podem contribuir para efetivar a aplicação da NR 06 e da NR 35, como medidas de segurança do trabalho na realização de atividades em grandes alturas no âmbito da construção civil?”

Este estudo é relevante ao pesquisa pelo fato de contribuir para uma melhor compreensão do tema abordado. Para sociedade é importante porque denota como o engenheiro de produção pode contribuir para minimizar os riscos de acidentes de trabalho na construção civil de edifícios. Para comunidade acadêmica é relevante porque serve de base e fonte para novas pesquisas.

O objetivo geral deste estudo consiste em realizar uma revisão bibliográfica sobre como a atuação dos engenheiros de produção nas empresas da engenharia civil contribui para evitar acidentes na realização de atividades em grandes alturas.

Como objetivos específicos destacam-se os seguintes: abordar as principais normas vigentes que regulamentam a segurança do trabalho aos profissionais que trabalham na construção civil de edifícios, desempenhando atividades em grandes alturas; observar a ocorrência de acidentes no trabalho, correlacionando-as com as suas consequências e apontar medidas de segurança que podem ser ofertadas pelas empresas com as reais necessidades dos funcionários.

## 2. DESENVOLVIMENTO

De acordo com os dados do Ministério do Trabalho, a engenharia civil é a atividade com mais registro de acidentes do trabalho no Brasil e com uma agravante, alguns destes, tiveram registros de óbitos. Isso é preocupante porque revela a necessidade de se tomar medidas tanto de cunho normativo, quanto no aspecto de fiscalização e controle para evitar acidentes e óbitos no exercício desta importante atividade para a economia do país (BRASIL, 2020).

Na última década a taxa de letalidade em atividades laborais no Brasil era de aproximadamente 5,57% para cada grupo de 100 mil empregados. No entanto, destaca-se que na área da engenharia civil a taxa de óbitos chegou aos impressionantes 14,81%. Muito disso, se deve aos desastres acidentes que aconteceram devido as inúmeras obras realizadas para sediar eventos esportivos como, por exemplo, citam-se: a Copa do Mundo e as Olimpíadas e atender as obras decorrentes de outras políticas públicas do governo (SILVA; KULKAMP, 2020).

Essas são dados e/ou informações reforçam a necessidade de se tomar medidas para evitar que novos acidentes no âmbito da engenharia civil, sobretudo, no tocante as atividades realizadas em grandes alturas. Quando isso acontece os danos e/ou prejuízos são irreparáveis tanto ao empregador quanto ao empregado (na maioria das vezes é a vítima) e aos seus familiares, a obra também é prejudicada e a sociedade como todo é lesada porque um trabalhador que contribui para a Previdência Social, dependendo da gravidade deixará de fazê-lo, analisando de uma forma mais abrangente (MONTEIRO, 2020).

Segundo Couto (2019), muitos profissionais envolvidos na área da engenharia civil morrem nas obras da construção de edifícios, executando as mais diversas atividades como, por exemplo, citam-se aquelas realizadas em grandes alturas. Algumas vítimas sequer possuem um enterro decente, uma vez que muitos desses óbitos são omitidos para não chamar atenção da polícia e dos demais órgãos públicos de fiscalização e controle. Isso se justifica porque quando a mídia evidencia a notícia, a empresa ou o empregador possui a sua imagem desgastada no competitivo mercado globalizado e os prejuízos passam a ser maiores.

Vários acidentes na construção civil de edifícios envolvendo atividades em grandes alturas acontecem por motivos diversos, dentre outros, citam-se os seguintes: a falta de utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI), algumas obras não possuem a documentação legal exigida, tais como: licenciamentos, alvará, ou qualquer outra documentação para iniciar a respectiva obra. Os profissionais que atuam realizando trabalhos em altura não recebem nenhum tipo de treinamento, geralmente trabalham com base no senso comum, expondo as suas vidas na esperança de levar o sustento às suas famílias (QUEIROZ, 2019).

Pelo fato de a construção civil de edifícios realizar atividades em grandes alturas, se torna altamente perigosa aos seus profissionais e requer uma série de cuidados e medidas a serem tomadas, com objetivo de não expor os trabalhadores à riscos eminentes, Este, por sua vez, se configura num grande desafio às empresas e colaboradores de modo geral, em especial para os engenheiros de produção que podem criar mecanismos que controlem e fiscalizem a segurança do trabalho em grandes alturas (OLIVEIRA, 2021).

De acordo com Camisassa (2018), a Norma Regulamentadora (NR 6) é o dispositivo legal que regulamenta o uso dos equipamentos de proteção individual, concedendo tanto ao empregador quanto ao empregado direitos e obrigações. Isso é feito com o objetivo de garantir a realização da atividade laboral de forma segura. Assim sendo, a norma supraci-



tada possui as seguintes obrigações às empresas:

6.3 A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho; (206.002-7/14)
- enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e, (206.003-5 /14) (NORMA REGULAMENTADORA N° 6, p. 1).

Com base na norma acima citada, Seffrian (2019) destaca que as empresas de um modo geral possuem a obrigação de ceder os equipamentos aos seus colaboradores, quando isso não acontece na prática poderá responder na esfera trabalhista e até penal pela omissão e/ou negligência. Outro ponto importante que a norma enfatiza é que os itens de segurança devem prevenir não apenas os acidentes como também o surgimento de doenças, pois dependendo da atividade realizada em grandes alturas como a pintura poderá ser utilizado substâncias que causem tontura, mal-estar, dentre outras.

Segundo Oliveira (2017), a Norma Regulamentadora 35 entrou em vigor, com o objetivo de regulamentar e ao mesmo tempo disciplinar a execução de atividades laborais em grandes alturas, como é o caso da construção civil de edifícios, principalmente para evitar acidentes e garantir maior segurança e proteção a integridade física do trabalhador.

No decorrer dos danos a NR 35 foi sofrendo adaptações no sentido de melhorar a segurança do operário que realiza trabalhos em grandes alturas. Isso se justifica porque a área da construção civil, com ênfase dada a construção de edifícios é dinâmica, ou seja, constantemente apresenta transformações, mudanças, equipamentos novos, dentre outros aspectos que visem aumentar a sua eficácia. Diante disso, a norma supracitada precisou acompanhar tais evoluções, tendo em vista atender aos interesses de proteção e segurança da classe trabalhadora (SILVA; KULKAMP, 2020).

No ponto de vista de Monteiro (2020), um detalhe importante de ser ressaltado, consiste no fato de observar que a NR 35 direciona responsabilidades tanto ao empregador quanto ao empregado no tocante a realização de trabalhos em grandes alturas, como por exemplo, cita-se os seguintes pontos:

35.2.1 Cabe ao empregador: a) garantir a implementação das medidas de proteção estabelecidas nesta Norma; b) assegurar a realização da Análise de Risco - AR e, quando aplicável, a emissão da Permissão de Trabalho - PT e c) desenvolver procedimento operacional para as atividades rotineiras de trabalho em altura (CARDELLA, 2017);

Verifica-se que os diferentes atores, a saber, empregadores e empregados envolvidos na área da engenharia civil possuem deveres e responsabilidades para efetivarem o uso da NR 06 e da NR 35. Do contrário poderão apresentar sérios problemas decorrentes de acidentes na obra envolvendo atividades em grandes alturas, pois as normas regulamentadoras foram criadas justamente com o objetivo de garantir a segurança do trabalho, a omissão ou negligência desta coloca em risco a vida dos profissionais.



### 3. METODOLOGIA

No tocante a metodologia, destaca-se que foi realizada uma revisão sistemática da literatura, também conhecida como revisão bibliográfica, uma vez que objetiva apontar como os engenheiros de produção podem atuar na segurança do trabalho para que as empresas da construção civil evitem acidentes na realização de atividades em grandes alturas.

De acordo com Marconi e Lakatos (2016), a revisão sistemática da literatura consiste num método de pesquisa que tem como principal objetivo reunir estudos científicos acerca do mesmo tema. Porém, os autores tendem a abordar o assunto de modo diferente, o que possibilita uma melhor análise crítica e, consecutivamente, um maior enriquecimento sobre a temática.

Dessa forma, a pesquisa foi desenvolvida com base nos métodos e técnicas de pesquisa virtual, bancos de teses e dissertações de mestrado e doutorado, revistas científicas especializadas sobre o tema abordado, documentos e dados extraídos de sites oficiais e institucionais. Além de uma aprofundada pesquisa em periódicos, revistas e livros ofertados nas bibliotecas.

Foi realizada também uma pesquisa virtual, a qual se utilizou a base *Scientific Electronic Library On line Brasil* (SCIELO) que é uma biblioteca eletrônica que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros e o CAPES que é uma Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior que disponibiliza diferentes pesquisas das mais diversas áreas do conhecimento humano.

O processo de pesquisa iniciou com o acesso às bases de dados da SCIELO e CAPES. Na oportunidade foram usados os seguintes descritores: segurança do trabalho, engenheiros de produção, NR 06 e NR 35, acidentes.

O critério de inclusão foram os artigos que abordam diretamente o assunto e que possuam menos de sete anos da data de publicação. O critério de exclusão foi exatamente o contrário da afirmativa acima, os artigos e materiais bibliográficos escritos em língua estrangeira e que possuem mais de sete anos de publicação.

A análise da pesquisa bibliográfica será mediante ao estudo das pesquisas indexadas, no qual se procurará apreciar os títulos, o tipo de pesquisa (todas primárias), o ano de publicação (2018 a 2023).

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na pesquisa realizada, destaca-se que emergiriam duas categorias que compõem os resultados e discussões deste estudo, são elas: principais causas e consequências de acidentes do trabalho na construção civil de edifícios em decorrência de atividades realizadas em grandes alturas e a atuação dos engenheiros de produção para evitar acidentes de trabalho em grandes alturas.



## 4.1 Principais causas e consequências de acidentes do trabalho na construção civil de edifícios em decorrência de atividades realizadas em grandes alturas

De acordo com Monteiro (2020), a desobediência em relação a aplicação da NR 06 e NR 35 tanto por parte dos empregadores quanto por parte dos empregados é considerada a principal causa de acidentes de trabalho na construção civil de edifícios, envolvendo a realização de trabalhos em grandes alturas.

Segundo Rodrigues (2020), a NR 06 regulamenta a execução das atividades laborais com o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), tais como: capacete, luvas, botas, óculos, protetor auditivo, vestimenta, cinto de segurança, dentre outros itens que são fundamentais para a realização de atividades em grandes alturas como, por exemplo, acontece na construção civil.

No ponto de vista de Barbosa (2018), a NR 35 regulamenta a realização de trabalhos em grandes alturas, com destaque para as atividades da construção civil que geralmente acontecem acima de dois metros. Na referida norma estão registrados os requisitos mínimos de proteção ao profissional, garantindo a sua segurança e proteção à sua integridade física. Além de contribuir à saúde dos trabalhadores da construção civil.

Para Mendes (2018), outra causa de acidentes no trabalho da construção civil de edifícios, envolvendo atividades em grandes alturas é a falta de fiscalização e controle. Segundo Marinho (2019), o Brasil é um país com dimensões de território continental o que, por sua vez, dificulta bastante o trabalho dos órgãos de fiscalização e controle das atividades da construção civil, principalmente no tocante a realização dos trabalhos em grandes alturas. Portanto, torna-se necessário criar melhores estratégias para que os respectivos órgãos tenham melhores condições de trabalho.

No ponto de vista de Queiroz (2019), a falta de atenção dos funcionários é risco eminente para ocorrência de acidentes na construção civil em grandes alturas. Por isso, é recomendável que o profissional quando for realizar atividades em alturas acima de dois metros, além dos equipamentos de segurança se abstenha de qualquer elemento que possa tirar a sua atenção.

Nesta vertente, Cardella (2017) cita algumas das principais causas de acidentes no trabalho, ênfase dada à construção civil de edifícios, são elas: cansaço, esforço repetitivo e técnicas inadequadas.

- Cansaço: faz com que a atenção e o reflexo dos referidos profissionais oscilem constantemente, aumentando os riscos oriundos do sono e da distração, o que não pode acontecer por parte dos profissionais que trabalham em grandes alturas;
- Esforço repetitivo: ocasiona lesões, traumas e até mesmo fraturas. O cumprimento dos prazos de entrega das obras (edifícios), obriga ainda que indiretamente os profissionais a acelerarem o ritmo das construções, resultando num aumento de esforço repetitivo e excessivo das atividades, o que pode causar acidentes no trabalho, ainda mais se tratando de construções verticalizadas;
- Técnicas inapropriadas: máquinas e/ou equipamentos que são operados manualmente requer um treinamento antecedente ao início da obra. Portanto, é recomendável o treinamento específico para operacionalização e que todos os profissionais envolvidos na construção de edifícios estejam utilizando os equipamentos de proteção individual e coletivo para evitar possíveis acidentes.

Isto requer a soma de sinergias entre a iniciativa privada, os órgãos públicos de fiscali-

zação e controle, o Sindicato dos Trabalhadores da Construção Civil, a sociedade civil como todo em fomentar mecanismos que aumentem o grau de segurança dos profissionais que realizam atividades em altura na construção civil de edifícios, o que posteriormente diminuirá os riscos de acidentes (BARBOSA, 2018).

No tocante as principais consequências de acidentes do trabalho na construção civil de edifícios, envolvendo a realização de trabalhos em grandes alturas, Monteiro (2020), destaca que a perda das capacidades laborais do trabalhador é com certeza a principal, sendo esta, tanto parcial quanto total.

Segundo Marinho (2019), quando acontece um acidente de trabalho na construção civil, principalmente em decorrência de quedas acima de dois metros de altura, geralmente o trabalhador tem as suas capacidades laborais comprometidas, seja de forma parcial ou total. Por esta razão, a observância da NR 06 e da NR 35 que regulamentam os itens de proteção às atividades em altura se torna tão importante no âmbito da construção civil, sendo uma forma de preservar a saúde do funcionário.

Contudo, Queiroz (2019) apresenta outras consequências tais como: óbito do funcionário, paralisação da obra e o rompimento do vínculo empregatício. Isso se justifica porque quando acontece um acidente na construção civil principalmente em grandes alturas é muito difícil o empregado escapar com vida e, quando isso acontece tende a apresentar limitações físicas para continuar exercendo as suas atividades laborais

Para Monteiro (2020), paralisação da obra e consequentemente o rompimento do vínculo empregatícios são outras consequências dos acidentes de trabalho na construção civil, uma vez que de imediato os órgãos públicos são acionados para fazer perícia técnica e vistoriar a obra, desde as documentações que liberaram a sua realização até os motivos que culminaram no acidente.

Dependendo da situação documental da obra, o poder Judiciário além de optar pela paralisação da obra num primeiro momento até que os laudos perícias sejam devidamente concluídos poderá também embargar a obra, isto é, proibir a sua continuação ou solicitar o desmoroamento. Tudo isso depende fundamentalmente dos registros e permissões dos órgãos públicos para a realização ou não da construção (VIANNA, 2018).

Nota-se que quando acontece um acidente na construção civil de edifício, principalmente em decorrência de atividades realizadas em grandes alturas, além da causa originária, que quase sempre é caracterizada por uma irregularidade, seja do empregador ou do empregado, as consequências são as piores possíveis e todos acabam perdendo direta ou indiretamente.

Vale ressaltar que ao ser constatado a culpa por parte do empregador. Este deverá arcar com a reparação do dano ao empregado acidentado ou a sua família em detrimento de falta grave, conforme menciona o artigo 482 da Consolidação das Leis Trabalhistas. Além de responder processo judicial pela irregularidade da obra.

## **4.2 Atuação dos engenheiros de produção para evitar acidentes de trabalho em grandes alturas**

Segundo Ferreira (2019), o engenheiro de produção é o profissional devidamente habilitado para implementar programas e ações que visem prevenir acidentes de trabalho em diferentes segmentos como, por exemplo, acontece na construção civil. Geralmente trabalha com o arranjo da infraestrutura do ambiente laboral e adota métodos para garan-



tir a segurança dos trabalhadores presentes na obra, como também pode atuar no monitoramento, na fiscalização e no acompanhamento das medidas de proteção e segurança do trabalho.

Uma das principais medidas a ser tomada pelo engenheiro de produção para evitar acidentes de trabalho em atividades da construção civil em grandes alturas consiste na criação do Sistema de Proteção contra Quedas (SPQ). Este, por sua vez, estabelece várias medidas para eliminar o risco de queda dos trabalhadores ou minimizar as consequências da queda, tais como: verificação dos itens de proteção e segurança, capacidade de carga, habilitação do profissional para exercer atividades em altura, ponto de ancoragem, permissão de trabalho, sistema de acesso por cordas (AZEVEDO, 2018).

Além disso, poderá contribuir para evitar acidentes com o monitoramento e fiscalização no que diz respeito a liberação do profissional para exercer as atividades laborais em grandes alturas somente após examinar se todos os itens de segurança estão presentes, bem como analisar o posicionamento no trabalho, restrição de movimentos (limita a movimentação de modo que o trabalhador não fique exposto a risco de queda) (MARINHO, 2019).

Outra contribuição do engenheiro de produção no tocante a prevenção de acidentes de trabalho na construção civil, ênfase dada em grandes alturas é realização de minicurso de capacitação sobre como utilizar os EPI'S constantes na NR 36 e como efetivar a NR 35 para garantir a devida segurança do trabalho aos profissionais que atuam em alturas acima de dois metros (MENDES, 2018).

As empresas da construção civil devem frequentemente realizar esses momentos de capacitação e orientação, pois com o passar do tempo é comum sair e entrar novos funcionários que precisam ser capacitados e treinados, com o objetivo de efetivar a NR 06 e NR 35 para evitar acidentes em grandes alturas. Diante disso, a oferta de cursos de capacitação se torna um importante viés para levar informação aos funcionários e fazê-los perceber a importância de se aplicar as respectivas normas no âmbito da construção civil de edifícios (FERREIRA, 2019).

A criação de procedimentos internos é outra alternativa que pode ser desenvolvida pelos engenheiros de produção, com o objetivo de evitar acidentes em grandes alturas na construção civil. Antes de iniciar as atividades cada funcionário é inspecionado, após o retorno dos intervalos de almoço nova inspeção. Além disso, os equipamentos disponibilizados pela empresa também são verificados e quando se aproxima o prazo de validade ou o tempo de vida útil está perto informar ao departamento responsável para que seja devidamente trocado (AZEVEDO, 2018).

É dever do Engenheiro de Segurança do Trabalho criar e informar sobre a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes- CIPA, da empresa onde atua. Ainda orientar sobre a importância do uso adequado dos Equipamentos de Proteção Individual- EPIs. Notificar o empregado que for negligente quanto a efetivação das normas vigentes, como também em caso de acidentes acompanhar a perícia e informar aos órgãos competentes.

Muitas vezes ocorrem acidentes de trabalho na construção civil de edifícios e o poder Judiciário não toma as devidas providências no tocante a aplicação de sanções legais aos infratores porque não ocorrem denúncias. Alguns trabalhadores com medo de perderem os seus empregos preferem ficar calados e o resultado disso é que os causadores de acidentes por não aplicar a NR 06 e a NR 35 ficam impunes (OLIVEIRA, 2017).

Enfim, são inúmeras as medidas para se evitar acidentes, mas, além da aplicação destas medidas torna-se necessários que ambos empregadores e empregados estejam a todo

momento atentos para melhor desempenhar as suas funções, uma vez que na construção civil de edifícios qualquer descuido para resultar em acidentes (CARDELLA, 2017).

Todas as medidas supracitadas como forma evitar acidentes podem ser melhor desenvolvidas quando se tem na equipe um engenheiro de produção. Sendo este profissional que contribui através de diferentes mecanismos para evitar riscos de acidentes, o que quase sempre resulta em perdas a obra, a empresa e ao empregado.

## 5. CONCLUSÃO

O presente artigo buscou realizar uma revisão sistemática da literatura sobre como a atuação dos engenheiros de produção nas empresas da engenharia civil contribui para evitar acidentes na realização de atividades em grandes alturas. Assim sendo, foi possível perceber que a área da engenharia civil se caracteriza por apresentar riscos eminentes a saúde dos seus trabalhadores, principalmente aqueles que realizam trabalhos em grandes alturas, pois estão expostos a perigos diversos, qualquer detalhe se torna importante. Por esta razão, torna-se pertinente tomar os cuidados necessários com uso dos equipamentos de proteção individual e demais medidas de segurança, como forma de evitar acidentes.

Com base na pesquisa bibliográfica realizada, observou-se que a principal causa de acidentes do trabalho na construção civil de edifícios, sobretudo, envolvendo a realização de atividades em grandes alturas é a desobediência a NR 06 e a NR 35 tanto por parte dos empregadores quanto dos empregados, assim como cansaço, esforço repetitivo, falta de fiscalização e controle. A principal consequência dos acidentes é a perda da capacidade laboral do trabalhador, seja de forma parcial ou total, paralização da obra e processos judiciais.

A aplicação da NR 06 e da NR 35 evita acidentes e corrobora diretamente para efetivar uma maior proteção e segurança ao trabalhador no exercício diário das suas funções. Diante disso, o engenheiro de produção poderá contribuir para alcançar tal objetivo através da criação de mecanismo do Sistema de Proteção Contra Quedas, curso de capacitação, monitoramento e avaliação do emprego dos equipamentos de proteção individual e a criação de procedimentos internos, que aumentem a aplicação das normas vigentes, com o objetivo de evitar acidentes em grandes alturas na construção civil.

Portanto, encerra-se o presente artigo ciente de que existe um longo caminho a ser percorrido, com o objetivo de minimizar as causas de acidentes do trabalho na construção civil, envolvendo a realização de atividades em grandes alturas. Esta, por sua vez, se torna um desafio para o poder público, a iniciativa privada, as instituições de ensino e a sociedade civil garantir a aplicação da NR 06 e da NR 35 nas mais, como forma de resguardar a integridade física dos trabalhadores.

## Referências

AZEVEDO, Pedro H. M. **Segurança nos trabalhos em altura em conformidade com a NR 35, na construção e manutenção de torres na região de João Câmara/RN**. Artigo Científico apresentado ao Curso de Engenharia da Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte – IFRN, Natal/RN, 2018. p. 1 – 18.

BARBOSA, Antônio N. F. **Segurança do trabalho na construção civil**. São Paulo/SP: Atlas, 2018.

BRASIL, Ministérios do Trabalho e da Previdência Social. **Registros sobre acidentes de trabalho na construção civil**. Brasília/DF, 2020.

CAMISASSA, Mara Q. **Segurança e saúde no trabalho: NRs 1 a 36 comentadas e descomplicadas**. Porto





Alegre/RS: Método, 2018.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes**. São Paulo/SP: FTD 2017.

COUTO, Alisson F. Trabalho em altura na construção civil e a norma regulamentadora 35: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Técnica Científica do CREA/PR**. 22º Ed. 2019. p. 1 – 20

FERREIRA, Lucas G. **A importância do profissional de engenharia de segurança do trabalho para a prevenção de acidentes**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Produção, da Faculdade Três Maria. João Pessoa/PB, 2019. p. 49.

MARINHO, Ricardo. **NR 35 Segurança no trabalho em altura: procedimentos e práticas**. Rio de Janeiro/RJ: Florense, 2019.

MENDES, Márcio R. A. Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura. **Revista de Engenharia Civil UFJF**. Vol 4, nº 4. Jui de Fora/MG, 2018. p. 34 – 41.

MONTEIRO, Antônio L. **Acidente do trabalho e doenças ocupacionais**. 10º Ed. Curitiba/PR: Jaruá, 2020.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 06. **Regulamenta a execução do trabalho como uso de equipamentos de proteção individual (EPI)**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-6-nr-6#:~:>>. Acesso em: 06 de ago./2023.

NORMA REGULAMENTADORA Nº 35. **Regulamenta a realização de trabalhos em alturas**. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-35-atualizada-2022.pdf/>>. Acesso em: 06 de ago./2023

OLIVEIRA, Adeilton. S. **Trabalho em altura na construção civil e as medidas preventivas do trabalho**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN. Natal/RN, 2017. 61p.

OLIVEIRA, Taise S. **Segurança do trabalho: a importância dos programas e equipamentos de segurança em obras na zona urbana da cidade de Canindé de São Francisco/SE**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia da Produção. Centro Universitário AGES. Paripiranga/BA, 2021. 69p.

QUEIROZ, Rayana. **Segurança do trabalho na construção civil**. Curitiba/PR: Editora PINI, 2019.

RODRIGUES, Amanda J. S. da. **Estudo de caso sobre a utilização de EPI'S na construção civil com a proposição de melhorias**. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPA. Cajazeiro/PB, 2020. 62p.

SEFFRIAN, Gugo P. **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil**. São Carlos/SP: Scienza, 2019.

SILVA, Edson L. da.; KULKAMP, Indianara C. Segurança no trabalho em altura na montagem de estruturas pré-moldadas. **Revista de Engenharia da UFSC**. Vol. 16, nº 8. Florianópolis/SC, 2020.

VIANNA, Cláudia S. **Acidente do trabalho: abordagem completa e atualizada**. Rio de Janeiro/RJ, 2018.



# 31

A IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DA QUALIDADE PARA O  
DESENVOLVIMENTO DAS ORGANIZAÇÕES  
THE IMPORTANCE OF QUALITY MANAGEMENT FOR THE  
DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONS

Karoline Lopes Sanches

## Resumo

A gestão da qualidade abrange uma perspectiva holística da experiência humana e molda a forma como pensamos e agimos. Qualidade significa mais do que apenas monitoramento da produção, qualidade inerente do produto ou serviço, utilização adequada de ferramentas de gestão ou suporte técnico competente. O conceito de gestão da qualidade total, ou gestão da qualidade em geral, passou a significar qualquer estrutura de gestão que busque a máxima eficiência e eficácia dentro de uma organização. O objetivo geral buscou estudar através de revisões bibliográficas a importância da aplicação da gestão da qualidade para o desenvolvimento e permanência das organizações no mercado. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho será uma revisão da literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes bases de dados com consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis. Conclui-se que uma gestão eficaz da gestão da qualidade é necessária para criar um local de trabalho agradável, garantindo clientes satisfeitos, comunicação aberta e objetiva e, em última análise, melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Gestão da Qualidade. Ferramentas da Qualidade. Empresas. Produtos. Clientes.

## Abstract

Quality management encompasses a holistic perspective on the human experience and shapes the way we think and act. Quality means more than just monitoring production, inherent quality of the product or service, appropriate use of management tools or competent technical support. The concept of total quality management, or quality management in general, has come to mean any management structure that seeks maximum efficiency and effectiveness within an organization. The general objective sought to study, through literature reviews, the importance of applying quality management for the development and permanence of organizations in the market. The type of research carried out in this work will be a literature review, in which a consultation will be carried out on books, dissertations and scientific articles selected through a search in the following databases with consultation of books, dissertations and scientific articles and reliable websites. It is concluded that effective management of quality management is necessary to create a pleasant workplace, ensuring satisfied customers, open and objective communication and, ultimately, continuous improvement.

**Keywords:** Quality management. Quality tools. Companies. Products. Customers.

## 1. INTRODUÇÃO

Como a gestão da qualidade contribui para a competitividade, lucratividade e permanência do mercado, é necessária para todas as organizações. Isso ocorre porque a gestão facilita a satisfação dos clientes. Uma ferramenta estratégica que tem como objetivo principal promover a visão sistêmica da empresa, alinhando as práticas e os conceitos para ganhar estabilidade e reconhecimento. Essa é uma ferramenta conhecida como gestão de qualidade.

A contribuição das ferramentas de gestão da qualidade nas finanças e no processo produtivo é importante para o controle e nos processos organizacionais. É importante ressaltar que, para preservar a qualidade de seus serviços e produtos, uma empresa deve atender às demandas e expectativas de seus consumidores. Investir em ferramentas que garantam a excelência na produção e na prestação de serviços, permitindo uma melhoria persistente dos processos.

A finalidade do estudo é compreender a relevância da aplicação da gestão da qualidade para as organizações através de pesquisas bibliográficas, onde está é realizada para investigar e corrigir os processos para torná-los mais eficientes e garantir a qualidade. É importante ressaltar que suas ferramentas podem ser empregadas no contexto organizacional, onde elas auxiliam no processo de tomada de decisões.

As organizações aplicam a gestão de qualidade e confiabilidade para reduzir os problemas causados pela competitividade do mercado e obter o sucesso, mantendo o foco na produção, pois ela será a responsabilidade pela criação e desenvolvimento dos bens e serviços, sendo a mesma razão de que uma organização possui. Uma questão comprovada é encontrada por meio dessa avaliação: qual é a relevância da gestão da qualidade para as organizações se manterem no mercado?

O objetivo geral buscou estudar através de revisões bibliográficas a importância da aplicação da gestão da qualidade para o desenvolvimento e permanência das organizações no mercado. Já os objetivos específicos buscaram: descrever o conceito da gestão da qualidade; apontar as ferramentas da gestão da qualidade.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho será uma revisão da literatura, no qual será realizada uma consulta a livros, dissertações e por artigos científicos selecionados através de busca nos seguintes bases de dados com consulta a livros, dissertações e por artigos científicos e sites confiáveis. O período dos artigos pesquisados serão os trabalhos publicados nos últimos 10 anos. As palavras-chave a serem utilizadas na busca serão: Gestão da Qualidade, Ferramentas da Qualidade, Organizações e Mercado.

## 2. O CONCEITO DA GESTÃO DA QUALIDADE

A necessidade das empresas para se diferenciarem do mercado competitivo tem sido a busca pela qualidade na produção e consumo de bens. Desde a qualificação da mão-de-obra, da matéria-prima até a gestão da qualidade nos processos, a relação é independente. Esta integração pode ser bloqueada, em um ambiente de produção, pelos conceitos e instrumentos de gestão da qualidade (VIEIRA, 2017).

De acordo com Almeida (2010), uma organização que fabrica com qualidade possui as seguintes características que trazem benefícios para seu próprio desenvolvimento: au-



menta a quantidade de receitas, por meio de uma maior atuação e ganhos de novas faixas de mercado consumidor; aumenta sua competitividade; trabalha com preços mais lucrativos de seus produtos, evitando descontos; estabelece uma maior fidelidade entre eles e, finalmente, estabelece uma empresa em posição de vanguarda no mercado, significando receitas futuras (UENO, 2017).

Em relação às características potenciais existentes, a realização de análises nos setores de produção contribui para uma verificação do estágio de evolução dos processos que são específicos. Podemos, no entanto, melhorar o desempenho produtivo da nossa empresa através da implementação dos conceitos de gestão da qualidade (SCATENA, 2011).

Conforme Almeida (2010), as transformações dentro das organizações de produção começaram nos meses do segundo quartil do século XX, já que os mercados começaram a se tornar mais exigentes em relação à diferenciação e à qualidade dos produtos e serviços. Resultando em uma ampla formulação de processos, tal característica determinou que as organizações passassem a ter uma maior orientação para os consumidores e a dar mais atenção às necessidades específicas de diferentes segmentos do mercado, o que acelerasse a produtividade, a inclusão dos custos e a inovação.

Atualmente, entre as organizações competitivas, a grande melhoria perseguida pela indústria é a gestão da qualidade, depois da redução de custos. As grandes organizações que já possuem capacidade para aplicar as técnicas da qualidade podem adotar melhorias contínuas em seus sistemas de produção através da implementação do controle da qualidade total, enquanto as pequenas e médias empresas devem buscar um aperfeiçoamento de seus processos produtivos através dos conceitos atraentes da gestão da qualidade (CAGNIN; OLIVEIRA; ASUMPÇÃO, 2015).

De acordo com Tso (2011), as organizações de pequeno porte têm elementos como visão de conjunto facilitada, flexibilidade administrativa, mão-de-obra mais facilmente envolvida, decisões quase sempre abrangentes e uma integração entre os recursos existentes que contribuem para a viabilização dos processos de gestão da qualidade. Em outras palavras, é válido implementar a qualidade nas empresas devido à observação corriqueira entre as grandes organizações, que estabelece o trabalho em grupos pequenos e a formação de células de produção como estratégicas, destacando as facilidades próprias das pequenas e micro organizações.

Segundo Silva e Barbosa (2016), uma empresa que busca implementar as melhores práticas para garantir a qualidade de seus processos está comunicando aos parceiros e clientes a conformidade de seus produtos e serviços. Portanto, essa qualidade pode estar relacionada como uma ferramenta estratégica de marketing. No entanto, outra forma de as organizações obterem uma vantagem competitiva através da estratégia é prosseguir um processo de gestão da qualidade. Segundo Paladini (2010), competir pela qualidade é mais viável para as pequenas empresas do que competir pelo preço, estratégia utilizada pelas grandes organizações.

A maioria dos indivíduos entende que o termo “qualidade” é uma palavra de domínio público e de uso comum. Assim, é crucial que sejam examinadas duas questões fundamentais na definição técnica de qualidade para Scatena (2011). No primeiro, a questão abordada é a não contrariedade do que já se sabe sobre o assunto em relação a qualquer definição proposta para a qualidade. Porém, a segunda é que, dado que este termo em estudo faz parte do cotidiano das pessoas, sendo importante identificar e delimitar o significado de qualidade de maneira precisa.

Com base neste princípio, justificamos que as organizações legais do assunto possuam uma noção intuitiva de qualidade. Ueno (2017) ressalta que essa característica é prote-



gida, já que os funcionários que compõem uma organização são pessoas comuns que, fora do ambiente de trabalho, recebem carga específica de informações e sofrem muitas vezes os mesmos impactos na qualidade de produtos ou serviços e estaremos preocupados em aperfeiçoá-los através da gestão da qualidade. Quando não existe uma definição estratégica gerencial sobre o assunto, é natural supor que estes conceitos empíricos migrem com uma intensidade para os processos produtivos das empresas, resultando em compreensões quanto ao termo.

Vieira (2017) menciona que a construção considerada de qualidade abrange, no início, a combinação de características ou componentes que compõem o produto ou o serviço. Entre eles, há dois elementos cruciais a serem considerados quando se trata de conceitos de qualidade: o componente “espacial” do conceito e o componente “temporal” do conceito. Na primeira, ressalta-se que a qualidade é uma multiplicidade de itens, envolvendo muitos aspectos simultaneamente. No outro, trata-se de um processo evolutivo, em que a qualidade sofre alterações ao longo do tempo. Ambos os aspectos, no entanto, devem ser operacionalizados pela gestão da qualidade, pois a primeira aborda o verdadeiro conceito, enquanto a segunda dirige o processo para a qualidade total.

Um dos pilares do aumento da competitividade japonesa desde a década de 1980, quando o país foi pioneiro na sua implementação, tem sido o controle da qualidade global. Isso foi feito para atender a uma preocupação particular do povo japonês, que era combater o excesso e o desespero por meio de técnicas que levassem a melhorias contínuas na qualidade e na produtividade. Essas técnicas estão disponíveis nos chamados sistemas de controle de qualidade total (BURMESTER, 2013).

A obtenção dos resultados explícitos em indicadores objetivos é considerada como a maior vantagem desses sistemas, pois permite avaliar os avanços e retrocessos na qualidade dos processos da organização. Segundo Carpetnetti; Miguel e Gerolamo (2011), alguns dos indicadores mais comumente utilizados são a porcentagem de reclamações, reembolsos, perda de clientes, erros ou rejeições de produtos acabados durante o ciclo de produção da organização, a quantidade de produtos manufaturados que estavam livres de erros e o mercado do produto compartilhar.

## 2.1 Os Princípios da Qualidade

Um processo, sistema ou produto que tem como habilidade atenção ao conjunto de características para atender aos requisitos dos clientes e outras partes interessadas é considerado de qualidade. Até agora, há oito princípios estabelecidos em gestão de qualidade, que terão o papel de influenciar a decisão das empresas para alcançar seus objetivos em relação aos sistemas de qualidade que seus gestores desenvolvem internamente (VIEIRA, 2017).

Segundo Almeida (2010), cada organização pode e deve empregar esses oito princípios, a menos que seus procedimentos sejam aproveitados pelo ISO. São compostos da seguinte forma: Foco no Cliente: O cliente é a razão fundamental para a existência de uma organização, pois é ele que assegura o lucro desta empresa.

De acordo com Burmester (2013), algumas melhorias por este princípio incluem: a melhoria da eficácia no uso dos recursos da organização, por meio de buscar a satisfação dos clientes; o aumento da fidelidade dos clientes, o que proporciona a continuidade dos negócios estimulando “a indicação boca a boca”. Porém, para o cumprimento deste princípio, devem ser tomadas as seguintes ações em relação ao consumidor final: a individu-



alização e compreensão dos critérios e expectativas, coerência dos objetivos e metas da organização com os desejos dos clientes, através das informações destas características para toda uma organização; medição da satisfação e atuação dos clientes; gerenciamento de forma sistemática das relações com os clientes; garantia de uma abordagem equilibrada entre os clientes e as demais partes interessadas (acionistas, pessoais, fornecedores, financiadores, comunidades locais e a sociedade em geral).

Segundo Camargo (2011), uma empresa que oferece produtos e serviços de alta qualidade é qualquer organização que emprega e valoriza a liderança no seu processo produtivo. Contudo, De Jesus (2014) destaca os seguintes benefícios deste princípio de qualidade: Os funcionários são incentivados a compreender e empregar as metas e objetivos da organização por meio da gestão. Os efeitos são avaliados, organizados e executados de forma única. Serão reduzidas as breves comunicações entre os diferentes níveis da empresa. No entanto, você precisa seguir os passos seguintes para cumprir estes princípios: Levamos em consideração as necessidades de todos os nossos stakeholders, que incluem clientes, investidores, parceiros, fornecedores, comunidades e a sociedade em geral. Tenha uma visão clara para o futuro da sua organização. Estabeleça metas e objetivos que irão motivá-lo. Modelar e defender regras e valores éticos compartilhados em todos os níveis organizacionais. Aumenta a autoconfiança e elimina o medo. Ajude os colaboradores com os recursos, à capacitação e a liberdade para agir de maneira responsável.

Participação das Pessoas: Este conceito tem como objetivo comprometer os indivíduos que colaboram na empresa. Segundo Paladini (2011), destacam-se os seguintes benefícios ao utilizá-lo: motivação individual e envolvimento dentro da organização; inovação e criatividade no alcance dos objetivos da empresa; responsabilização individual pelo próprio desempenho; e o desejo do indivíduo de participar e contribuir para a melhoria contínua. As ações que devem ser empregadas para cumprir com este princípio incluem: compreender a relevância de sua contribuição e de seu papel na organização; compreender as conexões pertinentes ao seu próprio desempenho; assumir a carga e a responsabilidade para resolver problemas; avaliar seu desempenho direcionando seus objetivos e metas; procurar oportunidades para desenvolver competências, conhecimentos e experiências próprias; trocar livremente conhecimentos e experiências; discutir problemas e situações (SCATENA, 2011).

Conforme Silva e Barbosa (2016), que elucida a relação entre os vários processos que compõem uma organização e uma corrente que é fornecida por eles, é necessário priorizar a qualidade em cada processo que constitui uma produção para que o produto ou serviço tenha qualidade. Os principais benefícios podem ser destacados da seguinte forma: menor tempo e menor custo devido ao uso eficiente dos recursos; melhores resultados, coerentes e previsíveis; e oportunidades para focar e priorizar melhorias.

Carpinetti e Miguel (2011) afirmou que há muitos anos até que todas as organizações possuem várias funções, que são bem definidas por Fayol. Porém, para que os serviços ou produtos tenham qualidade, é necessário atualizar todas as funções de forma sistêmica, isto é, tratar uma empresa como um sistema monopolístico. Assim, no momento em que este princípio for implementado, oferecerá os seguintes benefícios: alinhamento e integração de processos para facilitar a obtenção dos resultados desejados; a capacidade de focar processos críticos; e a capacidade de tranquilizar as partes interessadas sobre a consistência, eficácia e eficiência da organização

Melhoria Camargo (2011) define os princípios fundamentais que a nossa própria qualidade nos ensinou os seguintes benefícios são apresentados por esse princípio: benefícios da otimização do potencial da organização; racionalização das atividades de melhoria

em todos os níveis para atender aos objetivos estratégicos da organização; adaptabilidade para aproveitar as oportunidades que surgirem. Assim, são mencionadas as ações para o cumprimento deste princípio implementar uma abordagem coerente para a melhoria contínua em toda uma organização; capacitar os pessoais nos métodos e instrumentos para alcançar a melhoria contínua; tornar a melhoria contínua dos produtos, processos e sistemas um objetivo de todos os indivíduos da organização; estabelecer metas para a melhoria contínua e formas de monitoramento, reconhecimento e crédito para as melhorias (SILVA; BARBOSA, 2016).

Recusa à tomada de decisões fundamentais: De acordo com Ueno (2017), o objetivo principal ia basear-se no critério de concluir com o “achismo”. Informações ou fatos são obtidos, obtidos, analisados, processados e ações propícias obtidas. O princípio apresenta os seguintes benefícios: maderas racionais; melhor habilidade para avaliar, confrontar e modificar decisões e a eficácia de decisões anteriores, baseadas em situações realistas. Para que este princípio seja cumprido, é necessário tomar as seguintes ações: garantir que os dados e as informações sejam precisos e confiáveis; garantir a acessibilidade a dados e informações, para quem precisa; analisar dados e informações com métodos selecionados; tomar decisões fundamentais fundamentalistas, baseando-se na análise de fatos reais, mas sem esquecer uma experiência e uma intuição (VIEIRA, 2017).

Vantagens mútuas nas conexões com os provedores: Este princípio, de acordo com Abrantes (2009), é a famosa relação ganho-ganha, isto é, os dois lados devem ganhar e ficar contentes. Apresenta os seguintes benefícios: aprimoramento dos custos e recursos; flexibilidade e presteza ao oferecer respostas em conjunto em caso de mudanças do mercado ou de critério e expectativas dos clientes; maior capacidade em criar valor, por ambas as partes. As ações que devem ser empregadas para cumprir com este princípio incluem: estabelecer relações capazes de equilibrar ganhos no curto prazo, mas com lógicas de ganho prazo; dividir experiências e recursos com os principais parceiros; reconhecer uma linha de comunicação transparente e aberta; trocar informações e programas para o futuro; visualizar atividades comuns para o desenvolvimento e a melhoria; sugerir, encorajar e refletir sobre melhorias e objetivos propostos (JÚNIOR *et al.*, 2012).

## 2.2 Ferramentas da Gestão da Qualidade

Durante os anos 80, devido ao foco nas ferramentas estatísticas, com prejuízo às ferramentas gerenciais, havia um desequilíbrio no treinamento das ferramentas e metodologias que constituíam na qualidade. Somente na década de 1990 houve uma correção desse elemento, quando foram introduzidas ferramentas gerenciais na gestão da qualidade. Com base nisso, é possível observar a importância da aplicação de ambos os tipos de ferramentas no planejamento dos processos produtivos das organizações (ALMEIDA, 2010).

Para Camargo (2011), o aumento de eficiência no momento de solucionar problemas, deve-se a integração das ferramentas da qualidade com o conhecimento técnico de um método a ser utilizado. Assim, pressupõe-se que através da capacidade das pessoas em transformar informações em conhecimento, gere as diretrizes adequadas para ajudar as empresas no aumento de sua produtividade para atingir suas metas de sobrevivência.

Os métodos estruturados para viabilizar uma implantação de melhorias no processo produtivo são conhecidos como ferramentas de qualidade. Essas técnicas incluem dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação e disposições. As ferramentas têm suas propriedades individuais, dependendo das finalidades alcançadas ou das pessoas que serão



utilizadas (DE JESUS, 2014).

Conforme Vieira (2017), o uso das ferramentas contribui para melhorias no processo produtivo, além de envolver variáveis externas ao sistema, como a determinação da melhor forma de atender aos requisitos particulares dos consumidores ou uma análise da ação de rivais que operam em uma mesma faixa de mercado. Uma abordagem participativa da qualidade nas organizações produtivas é favorecida por meio de métodos e técnicas de qualidade, que promovem uma implementação de processos gerenciais compartilhados que irão auxiliar a gestão da qualidade através de benefícios como uma eficiência da análise de problemas.

Conforme ressaltado por Ueno (2017), os gerenciais podem ser trabalhados no planejamento e no controle da qualidade. O mapa de planejamento da qualidade, que generaliza uma abordagem à satisfação das necessidades dos clientes, é o que se refere às ferramentas gerenciais orientadas para planejamento. As ferramentas de qualidade que buscaram gerenciar os processos produtivos de uma organização foram identificadas, sendo elas: Fluxograma, mapa de processos, o PDCA, as pesquisas de mercado, o Brainstorming e o FTA.

Um fluxograma ou desenho que representa uma sequência lógica e analítica de um determinado processo é conhecido como fluxograma. A representação é feita através de gráficos das etapas que compõem um processo, possibilitando sua visão global simultânea e, principalmente, das características que compõem cada etapa e sua inter-relação entre si. Portanto, o principal objetivo desta ferramenta é demonstrar e auxiliar as etapas de um procedimento ou tarefa de forma prática e direta (PALADINI, 2011).

O mapa de processos, que contém informações sobre as características das entradas e saídas dos seus subprocessos, dos parâmetros e dos produtos em processo, é o que constitui o mapa de processos. Scatena (2011) resalta que a utilização dessa ferramenta tem como propósito compreender o funcionamento do processo, o que irá ajudar na identificação de possíveis fabricantes.

Por meio de recursos para manter, melhorar ou inovar processos, produtos ou serviços, uma organização pode ser estruturada através do PDCA (TSO, 2011). Sendo adotadas ferramentas de qualidade neste gerenciamento, o ganho nos resultados obtidos para solucionar problemas possíveis será complementado.

As pesquisas de mercado de informações, os quais fornecem dados confiáveis sobre um determinado tópico, são chamados de pesquisas de mercado. Segundo Burmester (2013), essa metodologia permite descobrir, verificar e descrever os fatos e suas relações com as características mercadológicas de um produto ou serviço. Como resultado, permite que a gestão implemente inovações em seus processos produtivos que irão melhorar a qualidade do produto e satisfazer seu usuário final.

Segundo Camargo (2011), o brainstorming e a “técnica dos porquês” são táticos que têm como objetivo ajudar na identificação das causas que levaram a um problema específico através do uso do conhecimento dos indivíduos envolvidos em relação a um tema. Uma atividade desenvolvida para explorar a potencialidade criativa dos indivíduos envolvidos na organização e colocá-la ao serviço de seus objetivos foi a técnica de Abrantes (2009). Além disso, é uma dinâmica de grupo.

Em relação à Análise de Árvore de Falhas (FTA), que visa mapear e quantificar o processo responsável pela singularidade da falha, partindo de uma falha de nível superior e Análise de Modo e Efeito de Falha (FMEA), que é uma ferramenta utilizada para identificar, quantificar e eliminar falhas, erros e outros problemas potenciais ou conhecidos de siste-

mas, planejamento, processos ou serviços antes que ocorram, começando pelas causas da falha que levará a uma falha. Essas ferramentas são frequentemente utilizadas por indivíduos que desejam eliminar custos e perdas dentro das organizações (UENO, 2017).

A adoção das ferramentas de qualidade pode resultar em um conjunto de vantagens do desenvolvimento e implementação de melhorias no processo produtivo. De acordo com Camargo (2011), a primeira etapa consiste na redução dos impactos negativos das ações de controle, abordando atividades que oferecem valor ao processo. Portanto, a evolução das ferramentas para produzir essas melhorias de processo é o que começa o conceito de qualidade.

### 3. CONCLUSÃO

A importância da gestão da qualidade foi enfatizada ao longo da pesquisa, não apenas na recepção e entrega do serviço, mas também no ambiente de trabalho da empresa e em todos os seus processos diários, que, quando coordenados de forma eficaz, geram uma perspectiva de nível sistêmico que produz soluções viáveis. A análise dentro da empresa destacou problemas persistentes de comunicação interna e a ausência de uma abordagem padronizada para a execução das diversas tarefas exigidas por cada departamento.

Portanto, o presente estudo avaliou a necessidade da empresa em questão alinhar suas estratégias e objetivos para descentralizar e organizar de forma eficiente as tarefas da montadora e atender todos os seus clientes. Isso, por sua vez, tem potencial para impulsionar as vendas e o desempenho geral da empresa.

Conclui-se que uma gestão eficaz da gestão da qualidade é necessária para criar um local de trabalho agradável, garantindo clientes satisfeitos, comunicação aberta e objetiva e, em última análise, melhoria contínua. Ao combinar os resultados deste estudo com a informação recolhida no terreno, fomos capazes de identificar algumas das causas profundas de problemas que poderiam ter um impacto significativo nos resultados e na rentabilidade da empresa, bem como oferecer algumas soluções e sugestões potenciais para mudanças organizacionais para melhorar a qualidade geral. O presente trabalho não fornece um tratamento conclusivo do tema em questão, mas pode fornecer uma estrutura útil para o desenvolvimento de estudos futuros.

### Referências

- ALMEIDA, Marcele Silva de. **Metodologia de análise e solução de problemas aplicada em uma empresa do ramo siderúrgico para melhoria da eficiência operacional**. 2010. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Faculdade de Engenharia de Produção e Mecânica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.
- BURMESTER, H. **Gestão da qualidade hospitalar**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- CAGNIN, F.; OLIVEIRA, M. C. de; ASUMPÇÃO, M. R. P. A **gestão de risco inserida no sistema de gestão da qualidade**. Fortaleza: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – “Perspectivas globais para a Engenharia de Produção”, 2015.
- CAMARGO, Wellington. **Controle de Qualidade Total**. Curitiba. Instituto Federal do Paraná, 2011.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GEROLAMO, Mateus Cecílio. **Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: Princípios e Requisitos**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A, 2011.
- DE JESUS, Gabriel Cabral. **O Mapeamento do Fluxo de valor como Ferramenta para Melhoria no Processo Produtivo de um Frigorífico na Região Oeste do Paraná**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2014.





JÚNIOR, I.S.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; QUINTELLA, O. M. **Gestão da qualidade e processos**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2012

PALADINI, E. P. **Avaliação estratégica da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SCATENA, Maria Inês Caserta. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial: teoria, implementação e prática**. 2.ed. Curitiba: Ibpex, 2011.

SCHMIDT, Maria Luiza Gava. Qualidade total e certificação ISO 9000: história, imagem e poder. **SciELO**. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 15 set. 2023.

SILVA, R. K. V.; BARBOSA, A. F. B. Gestão da Qualidade–Os principais marcos e como influenciaram as empresas, vol. 1, nº. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, 2016.

TSO, J. Ka Hun. **Implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade em uma Empresa do Setor Vestuário através de uma Metodologia para Melhoria de Processos**. Trabalho de Conclusão de Curso da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 2011. 138 p.

UENO, J. T. **Gestão da Qualidade**. São Paulo: Senac, 2017.

VIEIRA FILHO, **Geraldo**. **Gestão da qualidade total: uma abordagem prática**. 3. ed. Campinas: Alínea, 2010.

VIEIRA, Cláudia Aparecida. **O Programa 5S como Ferramenta de Gestão da Qualidade na Agroindústria do Instituto Federal do Triângulo Mineiro**. Programa de Pós Graduação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro. Uberaba, 2017.



# 32

GERENCIAMENTO DA MANUTENÇÃO: ESTUDO ESTRATÉGICO  
DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO APLICADOS NA AGRICULTURA  
FAMILIAR

MAINTENANCE MANAGEMENT: STRATEGIC STUDY OF TYPES  
OF MAINTENANCE APPLIED IN FAMILY FARMING

Sérgio Murilo Sousa Frazão Junior

## Resumo

O presente artigo busca investigar de que forma o gerenciamento da manutenção desempenha um papel crucial na garantia da qualidade, eficiência e eficácia dos processos de produção industrial. Nesse contexto, a busca por qualidade é essencial, e a manutenção desempenha um papel fundamental. Seu objetivo principal é assegurar o desempenho eficaz de máquinas e equipamentos, prevenindo falhas, atrasos e perdas financeiras. A fim de entender como diferentes estratégias de manutenção podem contribuir para melhorar a eficácia dos processos de produção, concentramos nossa atenção no setor de produção rural familiar. Os objetivos deste estudo incluem a diferenciação entre tarefas sistemáticas e estratégias de manutenção, o estabelecimento de controles e recursos para planejamento e execução de manutenção e a identificação de como os tipos de manutenção podem aprimorar os processos de produção rural familiar.

**Palavras-chave:** Estratégias. Processos. Qualidade.

## Abstract

This article seeks to investigate how maintenance management plays a crucial role in ensuring the quality, efficiency and effectiveness of industrial production processes. In this context, the search for quality is essential, and maintenance plays a fundamental role. Its main objective is to ensure the effective performance of machines and equipment, preventing failures, delays and financial losses. In order to understand how different maintenance strategies can contribute to improving the effectiveness of production processes, we focused our attention on the family rural production sector. The objectives of this study include differentiating between systematic tasks and maintenance strategies, establishing controls and resources for planning and executing maintenance, and identifying how types of maintenance can improve family rural production processes.

**Keywords:** Strategies. Law Suit. Quality.

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da Globalização temos no processo produtivo a busca por qualidade em seus produtos e serviços. A manutenção tem como objetivo garantir a eficácia no desempenho de máquinas e equipamentos que atuarão na produção, oferecendo produtos de qualidade, prevenindo possíveis falhas, atrasos nas entregas e possíveis perdas financeiras.

Com base nos tipos de manutenção, observou-se o seguinte problema: de que forma podemos utilizar os tipos de manutenção na eficácia e diminuição de custos nos setores de produção rural familiar evitando os gastos e o retrabalho? O gerenciamento do plano de manutenção em respeito às normas vigentes tem como intencionalidade a prevenção das falhas buscando reestruturar os processos de acordo com suas características e estratégias, otimizando assim o planejamento. Compreendendo dificuldade em manter os processos organizados, proporcionando aos equipamentos suas devidas funções, cumprindo os padrões adequados objetivando falha zero do sistema da manutenção na produção, o seguinte trabalho tem como finalidade compreender de que maneira as ferramentas de gerenciamento da manutenção podem contribuir de maneira positiva na eficácia e qualidade de equipamentos e máquinas no processo de produção. Neste contexto, o artigo apresenta como o estudo do tema poderá ser executado definindo assim os processos a serem analisados estrategicamente identificando os objetivos diretos necessários para o sistema da manutenção na produção rural, bem como na contribuição do sistema de produção que é composto por um processo, ou seja, uma atividade de um ou vários conjuntos que conduzem na produção de bens e serviços, tornando importante para a realização de suas estratégias evitando perdas da produção ao longo dos processos da manutenção.

Partindo da premissa do grande fluxo de rotinas diárias como também o ciclo para a programação e para o controle que gerencia os sistemas, o projeto tem como foco a abordagem de um estudo estratégico no gerenciamento da manutenção nos sistemas de produção rural familiar a partir da análise dos tipos de manutenção e PCM, com critérios programados para um longo período, executando assim os principais tipos de manutenção baseado no planejamento estratégico.

No sistema de produção rural a parada de um equipamento ou máquina tem influência significativa nas demandas. As perdas nos prazos e nas entregas de produtos são consideradas maiores do que a realização de um planejamento de manutenção adequado evitando assim a parada de máquinas na produção. Sendo assim, o processo de manutenção, por meio de um planejamento estratégico na produção rural é uma maneira mais eficiente de evitar perdas e retrabalho. Deve-se então, por meio da observação dos tipos de manutenção, definir qual será a melhor forma de evitar a falha de máquinas e equipamentos. Elaborar um sistema de manutenção adequado à situação, objetivando o baixo custo, aumento da produção e aumento da vida útil de máquinas e equipamentos.

Entende-se a importância do gerenciamento da manutenção nos processos de produção pois está diretamente ligada a qualidade, eficiência e eficácia nos processos produtivos. A gestão da manutenção está voltada para a administração de ações que busquem o aperfeiçoamento de equipamentos e instalações nas indústrias visando um bom funcionamento e evitando desperdícios e gastos. Com a globalização e o aumento da competitividade nos processos de produção, busca-se iniciativas que assegurem a obtenção de resultados e metas. Tais iniciativas são evidenciadas pelo processo de gerenciamento de manutenção por meio de práticas de manutenção que sejam bem definidas.

A combinação de ações técnicas e administrativas incluem as supervisões destinadas



a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa executar uma função requerida, ou seja, fazer o que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as suas funções para as quais foram projetados em um nível de desempenho exigido. Basicamente as atividades de manutenção existem de várias maneiras para evitar os seus desgastes, que são naturais e pela degradação do uso, até as perdas de desempenho e a parada da produção. Podendo assim existir os métodos da manutenção, abrangendo de forma suficiente todas as tarefas que compõem as atividades técnicas da manutenção.

A melhor manutenção será as combinações mais adequadas dos vários métodos, de acordo com a natureza e a criticidade do equipamento para a produção. Buscando permitir o gerenciamento eficiente da manutenção, é imprescindível a prática juntamente com os métodos de manutenção, algumas funções de apoio importantes, como: tratamento de falhas dos equipamentos, padronização da manutenção, planejamento da manutenção, peças-reservas e almoxarifado, orçamento da manutenção, educação e treinamento. Ou seja, sem um plano, todo o trabalho de manutenção adquire uma natureza aleatória e imprevisível. Atingindo assim os resultados que consolidam a eficácia da própria estrutura, de acordo com suas melhorias sendo incorporadas para tal eficácia, eliminando as perdas geradas no fluxo de produção através da integração dos setores de manutenção e operações assegurando que os equipamentos continuem a desempenhar suas funções requeridas com segurança e a um custo global otimizado.

Sendo assim, o objetivo geral do artigo está em compreender as estratégias de uso dos tipos de manutenção destinadas à melhoria e o pleno funcionamento de equipamentos e máquinas imersos nos sistemas de agricultura familiar. Os objetivos específicos estão voltados para a diferenciação de tarefas sistemáticas das estratégias da manutenção, estabelecer os recursos necessários para o planejamento da execução da manutenção na agricultura familiar e identificar como os tipos de manutenção podem contribuir na melhoria do processo produtivo rural familiar visando o baixo custo de gastos.

## 2. METODOLOGIA

O artigo 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 “KARDEC”, “NASFIC” e “MONCHY”, o período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 30 anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “estratégia”, “equipamentos” e “qualidade”, por entender que melhor se adéqua à criação de uma ferramenta de gerenciamento de estratégia na manutenção, aqui denominada Gerenciamento da Manutenção – Estratégia com base nos tipos de manutenção, obtida por meio da integração de suas ferramentas: TPM (Manutenção Produtiva Total) e Planejamento e Organização da Manutenção. A construção de uma ferramenta dessa natureza demanda tanto pesquisa quanto ações nas áreas da prática para testar e ajustar o modelo, adotando o método da pesquisa e ação, como estratégia de pesquisa (TRIPP, 2005), A Pesquisa-ação foi escolhida porque “parte da visão pela qual as pesquisas devem levar a mudanças para as empresas” (EASTERBY-SMITH; THORPE; LOWE, 1991).

Com base nos artigos, livros e sites foram aplicados um trabalho de pesquisa utilizados para o estudo, criando estratégias da manutenção uma forma de metodologia formando um caminho que define a tarefa e o planejamento para se trabalhar no tema: Com base nos tipos de manutenção, o estudo estratégico dando à luz ao sistema de manutenção, objetivando-se no trabalho a ser feito permitindo com clareza o que devem ser aplicados e



justificados de acordo com os custos e suas falhas, consolidando assim os resultados com eficácia da sua própria estrutura executando a estratégia em buscar soluções e explorar resultados, procurando corrigir tarefas descentralizadas que podendo ser controladas por uma estrutura organizacional, gerenciadas por atividades de manutenção desempenhando suas funções requeridas com segurança e com base na estrutura de todo o projeto, sendo necessário o controle e recursos para gerenciar, planejar e programar a execução do trabalho que mostra uma visão geral das atividades específica com seus respectivos sistemas SAP, TPM, PCM, além de outros que beneficiam o gerenciamento da manutenção. Os resultados finais determinam a missão que há de ser realizada com os padrões e processos estudados estrategicamente, tornando os criadores dos sistemas, gerentes e especialistas nas áreas, obtendo assim alta confiabilidade operacional do sistema de produção

## 2. MANUTENÇÃO

O processo de manutenção começa a emergir no sistema de produção a partir da necessidade do surgimento de máquinas nas indústrias, acompanhando a evolução industrial e foi se modificando de acordo com as necessidades exigidas em cada momento. Segundo Moreira Neto (2017) “No fim do século XIX, com a mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos e até 1914, a manutenção era renegada a segundo plano sendo executada pelo mesmo efetivo de operação”. A partir do surgimento das indústrias, no final do século XIX, tem-se a necessidade da realização de reparos em equipamentos e máquinas. Após a Segunda Guerra Mundial, passa a existir um modelo de produção mais ágil, surge então, a manutenção preventiva com objetivo de correção de falhas. De acordo com Moreira Neto (2017) “A manutenção preventiva surgia não só para corrigir as falhas, mas também para evitá-las, a manutenção tornou-se tão importante quanto a Operação”. Kardec e Nascif Papic, 2009 trazem a evolução da manutenção dividida em quatro gerações, a primeira ocorreu no período antes da Segunda Guerra Mundial, momento esse em que a indústria era pouco mecanizada, com equipamentos simples, não tinha necessidade de uma manutenção mais sistematizada, sendo uma manutenção corretiva não planejada. Já a segunda geração ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, a demanda por produtos aumentou com as guerras, havendo um aumento da mecanização, e a necessidade no aumento da produtividade e disponibilidade. As indústrias estavam dependentes do funcionamento eficaz das máquinas, surgindo assim a necessidade de manutenção com o objetivo de evitar a existência de falhas. Na terceira geração, a partir da década de 70, houve mudanças no processo industrial, com o aumento da automação e da mecanização o sistema de produção passou a exigir a existência de confiabilidade e disponibilidade. Na quarta geração a manutenção tem como propósito a diminuição das falhas.

Segundo Ansoff (1977) o processo de elaborar a estratégia, é construído a partir da relação entre a organização e o ambiente. O processo de planejamento estratégico compreende a tomada de decisões sobre quais são os procedimentos estabelecidos que a organização pretende seguir, a partir daí uma estratégia é definida por um conjunto integrado e coordenado por compromissos e ações para explorar suas essenciais competências e obter vantagem competitiva. Para isto afirma Ansoff (1977) “o objetivo estratégico de uma empresa é obter um retorno sobre o equipamento, se em algum caso particular o retorno a longo prazo não for satisfatório, então a deficiência deverá ser corrigida, ou a atividade abandonada em troca de outra que ofereça perspectivas mais favoráveis”.

De acordo com Mintzberg (1998), a formulação de estratégias tem uma parte importante na concepção do planejamento eficiente. Para elaborar uma estratégia, necessaria-



mente, tem-se que pensar no futuro, de forma integrada a um processo decisório, com base em um procedimento formalizado e nos resultados. Devido a constante mudança no perfil de mercado e no desenvolvimento das estruturas das empresas dentro das organizações da manutenção, busca-se avaliar as principais teorias e conceitos de estratégia para melhor compreensão sobre o tema e sua integração ao planejamento.

Sendo o indicador que fornece as atividades integradas, procura-se corrigir as deficiências existentes, buscando soluções para maximizar os resultados voltados para os tipos de manutenção, modificando os aspectos funcionais causados por ações do planejamento e da organização da manutenção. O propósito está em planejar um sistema que busque eliminar as atividades não programadas, principalmente em empresas que têm uma tendência maior com máxima eficiência, exigindo confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. Estabelecendo as diretrizes das estratégias com seus possíveis planejamentos e objetivos.

Segundo Monchy 1989 “A manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das usinas quanto para a qualidade dos produtos”. Os equipamentos e máquinas dos sistemas de produção estão sujeitos ao desgaste e a deterioração, o que ocasiona o aumento nos custos da produção, sendo assim, pode-se perceber a necessidade do processo de manutenção inserido nas indústrias. Monchy 1989 em relação a manutenção nos diz que “deve-se saber que a “produção” o objetivo evidente é também prioritário da empresa, a “manutenção” é uma “ajuda para a produção”. De acordo com NBR 5462, 1994 a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida”.

“A manutenção para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar os equipamentos ou instalações tão rápidas quanto possíveis, mas é preciso, principalmente manter a função do equipamento disponível para operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada” (Kardec; Nascif, 2009).

A Norma Brasileira NBR 5462, 1994 no item 2.2.6 no que se refere à confiabilidade: “Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante um dado intervalo de tempo”. A confiabilidade é a possibilidade de um equipamento ou máquina operar de forma adequada sem que ocorra falhas em um determinado tempo.

### 3. TIPOS DE MANUTENÇÃO

#### 3.1 Manutenção Preventiva

Segundo a NBR-5462 (1994) define como manutenção preventiva a atividade efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. É feita periodicamente, deve ser a principal manutenção em qualquer empresa. É aquela que envolve algumas tarefas sistemáticas, tais como evitar ou reduzir falhas ou queda de desempenho dos equipamentos envolvendo funções necessárias como inspeções, reformando e trocas de peças. Principalmente por ser a mais cara, pois as peças têm que ser trocadas, mas em compensação a disponibilidade dos equipamentos aumenta, assim como diminuem as

interrupções inesperadas da produção, neste sentido ajuda a monitorar o desgaste natural dos equipamentos, estabelecendo uma fundamental eficiência e organização, fazendo o trabalho para previsões de trocas, baseado no intervalo definido de tempo.

“Manutenção Preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou quebra no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo” (Kardec; Nascif, 2009).

### 3.2 Manutenção Preditiva

Feita para analisar através de dados ou instrumentos específicos as variáveis de desempenho, feita no momento adequada com o objetivo evitar falhas funcionais, permitindo otimizar a trocas de peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo da manutenção, prevendo quando a peça ou o componente estarão próximos dos seus limites de vida, desenvolvendo técnicas caras e sofisticadas, sendo cara quando se considera apenas o custo da manutenção, colocando em práticas os próprios métodos sendo executadas no momento adequado antes que os equipamentos apresente falhas, baseado na tentativa de definir o estado futuro de um equipamento ou de um sistema. Esse tipo se caracteriza pela previsibilidade da danificação dos equipamentos, prevenindo falhas por meio do monitoramento dos equipamentos dos parâmetros principais com os equipamentos em funcionamento.

“Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível... A Manutenção Preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo” (Kardec; Nascif, 2009).

### 3.3 Manutenção Detectiva

Kardec e Nascif (2009) “Manutenção Detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção”. A manutenção detectiva busca perceber se o sistema de proteção está em funcionamento, buscando identificar falhas ocultas garantindo a confiabilidade. Essas ações são desenvolvidas por pessoas da área da manutenção que são treinadas e habilitadas.

### 3.4 Manutenção Corretiva

É o tipo de manutenção que torna possível o planejamento dos recursos necessários para atender a demanda para a manutenção de forma que pode adotar em diversos fatores como, a parada planejada da produção com a equipe, segurança, execução, as necessidades de terceirização dos serviços de manutenção e entre outros processos. Vale ressaltar que é sempre feita depois que as falhas ocorrem. Esse método deve levar em conta fatores e pode ser a mais vantajosa, por não poder simplesmente se conformar com a ocorrência de



falhas como algo esperado, mais sim precisamente se esforça para identificar as falhas e bloqueá-las e evitar as reincidências. Sendo a mais barata no que pode prevenir falhas nos equipamentos. Segundo Kardec e Nascif (2009):

Normalmente, a manutenção corretiva não planejada implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda de qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção (Kardec; Nascif, 2009).

### 3.5 Manutenção Corretiva Planejada

Segundo Kardec e Nascif (2009) “É a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial”. O ato de planejar tem garantia de baixo custo e boa qualidade. Nesse tipo de manutenção tem-se o acompanhamento dos equipamentos realizado pela equipe de manutenção.

### 3.6 Manutenção Não Planejada Corretiva

A manutenção não planejada corretiva pega de surpresa uma vez que não houve planejamento ou até mesmo o monitoramento. De acordo com Kardec e Nascif, (2009) “É a correção da falha de maneira aleatória”.

### 3.7 TPM (Manutenção Produtiva Total)

Uma das metodologias de processos mais utilizadas é o TPM, um método de gestão que identifica e elimina as perdas nos setores produtivo e administrativo. Sendo fundamental para criar um ambiente adequado e muito eficiente para aumentar a produtividade. Está estruturado e fixado em 8 pilares: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhorias específicas, educação e treinamento, manutenção de qualidade, controle inicial, TPM administrativo, segurança, saúde e meio ambiente. De acordo com Kardec e Nascif (2009) a TPM:

“Objetiva a eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramentos introduzidos nos equipamentos, também prepara e desenvolve pessoas e organizações aptas para conduzir as fábricas do futuro, dotadas de automação”.

### 3.8 Manutenção Planejada

Uns dos principais pilares objetivando quebra zero e aumento da eficiência e eficácia dos equipamentos dos ativos. Percepção de perdas decorrentes das falhas equipamentos e as mudanças relativas em relação às divisões de produção e manutenção. Entram nesse quesito a manutenção preditiva e preventiva, e se for necessária manutenção corretiva por ser eficiente no seu processo. Nesse método realiza trabalhos baseados nas taxas de falhas que foram medidas ou previstas, reduzindo o problema inesperados, permitindo que a manutenção seja realizada durante os períodos em que o equipamento não está

sendo utilizado, o que aumentaria a produtividade, outro fator muito positivo é a otimização do estoque de peças, considerando a necessidade de manutenção e o desgaste dos equipamentos. A produção e manutenção tem em suas funções mudar os defeitos com o mínimo de custo.

#### **4. PLANEJAMENTO E CONTROLE DE MANUTENÇÃO (PCM)**

Procedimento considerado de grande importância dentro do processo produtivo, pois é responsável por gerenciar todas as ações a serem desenvolvidas em uma empresa. Questões referentes a custos, estado de conservação dos equipamentos, o tempo de manutenção são atribuições do PCM. O PCM tem como objetivo promover critérios de confiabilidade e disponibilidade dentro da empresa.

Tendo o controle de materiais, máquinas, mão-de-obra e métodos, buscando constantemente defeito zero e as condições ideais de alta qualidade. É necessário fazer uma análise de origem, sendo necessário aplicar as condições definidas para identificar as falhas, usando métodos que são analisar máquinas, materiais, mão de obra e métodos (4Ms) rigorosamente o acompanhamento do trabalho e inspeções padrões.

#### **5. GESTÃO DA MANUTENÇÃO E A PRODUÇÃO RURAL**

A produção rural vem passando por diversas mudanças, acompanhando a evolução tecnológica, passa a ser implementado o sistema de mecanização nas atividades de produção. Em uma propriedade onde é desenvolvido a produção rural, seja ela familiar ou não, tem-se o uso de máquinas onde as mesmas são utilizadas visando o aperfeiçoamento das atividades desenvolvidas, diminuindo o tempo e aumentando a produção, ou seja, as máquinas são capazes de desenvolver diversas funções dentro da produção rural.

A gestão da manutenção desempenha um papel fundamental na produção rural, uma vez que a agricultura e a pecuária dependem fortemente de equipamentos e máquinas para suas operações diárias. Neste contexto, a relação entre gestão da manutenção e produção rural é de extrema importância.

A manutenção preventiva é uma das principais estratégias utilizadas na gestão da manutenção agrícola. Isso significa que, antes da temporada de plantio ou colheita, os agricultores devem realizar inspeções detalhadas em tratores, colheitadeiras e outros equipamentos para garantir que eles estejam em perfeitas condições de funcionamento. Essa prática ajuda a evitar avarias inesperadas, reduzindo o tempo de inatividade e garantindo a continuidade das operações.

Além disso, a eficiência energética é uma preocupação crescente na agricultura moderna. A gestão da manutenção desempenha um papel importante nesse aspecto, garantindo que os equipamentos agrícolas operem com o máximo de eficiência. Isso não apenas economiza combustível, mas também reduz os custos operacionais, tornando a produção mais econômica. A segurança no campo também é uma prioridade, e a manutenção adequada desempenha um papel crucial nesse sentido. Equipamentos bem mantidos têm menos probabilidade de causar acidentes, protegendo os trabalhadores rurais.

Contudo, a gestão da manutenção envolve o desenvolvimento de planos detalhados de manutenção, estabelecendo quando e como a manutenção será realizada. Isso permite o uso eficiente de recursos e mão de obra, garantindo que a manutenção seja realizada no





momento certo. A incorporação de tecnologias de monitoramento, como sensores e sistemas de telemetria, também está se tornando comum na agricultura. Isso permite a detecção precoce de problemas em máquinas, permitindo intervenções oportunas e evitando danos maiores. Além disso, a gestão da manutenção visa otimizar os custos, avaliando cuidadosamente opções de reparo, peças de reposição e estratégias de manutenção de baixo custo. Uma abordagem estratégica para a manutenção de equipamentos e máquinas é fundamental para o sucesso a longo prazo da agricultura e pecuária. É imprescindível que no sistema de produção rural tenha uma boa gestão da manutenção, onde os princípios estejam voltados para a elaboração de um planejamento estratégico, no qual irá contribuir para a manutenção de máquinas e equipamentos, proporcionando a diminuição nos custos, no tempo de desenvolvimento das atividades e consequentemente no aumento da produção. A realização da manutenção dentro da produção rural deve ser realizada de forma que evite a parada das máquinas durante o processo produtivo, caso aconteça pode-se ter a perda de toda a produção.

Na agricultura familiar, a gestão da manutenção desempenha um papel vital para assegurar a eficiência, a produtividade e a sustentabilidade a longo prazo das operações. Podendo haver diferentes tipos de manutenção que podem ser aplicados. A manutenção preventiva envolve inspeções regulares e tarefas programadas para evitar falhas em equipamentos e infraestrutura. Isso inclui lubrificação, troca de peças desgastadas e limpeza de filtros. Já a manutenção corretiva entra em ação quando uma falha ocorre, seja de forma planejada ou inesperada, com o objetivo de restaurar o funcionamento normal o mais rápido possível. Na manutenção preditiva usa-se tecnologias e monitoramento para prever falhas, permitindo um agendamento preciso da manutenção, evitando interrupções não programadas. Outro modelo de manutenção que pode vir a ser utilizado no processo de agricultura familiar é a manutenção autônoma, onde a mesma entra em ação para realização de reparos simples como troca de óleo, esse procedimento contribui na diminuição de gastos, pois reduz a necessidade de contratação de técnicos externos.

A escolha do tipo de manutenção depende de fatores como o tamanho da propriedade, o tipo de cultivo, o orçamento disponível e o conhecimento técnico dos envolvidos. Um equilíbrio entre prevenção e resolução eficaz de problemas é essencial para manter as operações agrícolas funcionando de forma eficiente e sustentável na agricultura familiar. Além disso, manter registros detalhados, priorizar a segurança e considerar práticas sustentáveis são aspectos cruciais para o sucesso a longo prazo.

O gerenciamento da manutenção desempenha um papel crucial no processo de agricultura familiar, uma vez que ajuda a garantir a eficiência operacional, a maximização da produtividade e a sustentabilidade a longo prazo das atividades agrícolas. Para começar, recomenda-se o desenvolvimento de plano para uma manutenção abrangente que liste todos os equipamentos agrícolas e infraestruturas utilizados na propriedade. Esse plano deve incluir detalhes como datas de compra, histórico de manutenção e atividades de manutenção preventiva recomendadas. A manutenção preventiva é uma parte fundamental desse processo. Estabelecendo um cronograma regular para a manutenção preventiva de seus equipamentos e estruturas, incluindo tratores, colheitadeiras, sistemas de irrigação e edifícios agrícolas. Isso ajudará a evitar falhas inesperadas e a prolongar a vida útil de seus ativos.

Ainda, é importante investir no treinamento adequado para os membros da família e funcionários responsáveis pela operação e manutenção dos equipamentos agrícolas. Isso inclui a identificação de problemas comuns e a capacidade de realizar manutenções simples. Manter um estoque de peças de reposição críticas é outra prática recomendada. Permitindo a realização de reparos rápidos quando necessário, minimizando o tempo de

inatividade e interrupções na produção. Registrar todas as atividades de manutenção de forma detalhada, incluindo datas, tipos de serviço realizados, peças substituídas e custos associados também contribuiu nesse processo. Esses registros ajudarão no planejamento futuro de manutenções e no acompanhamento dos custos. Realizar inspeções regulares nas instalações e equipamentos para identificar problemas potenciais antes que se tornem sérios. Isso pode fazer parte da rotina diária ou semanal. Priorizando a manutenção com base na importância e no impacto na produção agrícola. É indispensável que os itens considerados críticos recebam atenção imediata, proporcionando a garantia de que todas as atividades de manutenção sejam realizadas com segurança, seguindo os procedimentos adequados e utilizando equipamentos de proteção individual, quando necessário.

Sendo assim, no processo de manutenção no setor de agricultura familiar pode-se considerar a adoção de práticas sustentáveis de manutenção, como o uso de peças de reposição reconcondicionadas, a minimização de resíduos e o descarte adequado de produtos químicos e materiais, avaliando os custos e benefícios das atividades de manutenção. Processos estes que irão contribuir na tomada de decisões informadas sobre a substituição ou atualização de equipamentos.

Em resumo, o gerenciamento eficaz da manutenção na agricultura familiar não apenas reduz os custos operacionais, mas também contribui para a produtividade sustentável e a longevidade do negócio agrícola.

## 6. CONCLUSÃO

Baseado na análise dos tipos de manutenção aplicados na agricultura familiar e no contexto do gerenciamento da manutenção, pode-se concluir que a eficácia na gestão desses processos desempenha um papel primordial na garantia de produtos de qualidade, na prevenção de falhas, na diminuição de custos e no aumento da vida útil de máquinas e equipamentos. A aplicação de estratégias como a manutenção preventiva, preditiva, corretiva planejada e o TPM demonstra o compromisso em assegurar a confiabilidade, disponibilidade e eficiência dos ativos envolvidos na produção rural familiar.

Além disso, o planejamento e controle de manutenção (PCM) garantem uma gestão eficaz desses processos, permitindo o monitoramento constante, a redução de paradas não planejadas e a otimização dos recursos. A busca pela confiabilidade operacional e pela minimização de falhas se torna essencial para garantir a competitividade e a qualidade dos produtos em um cenário cada vez mais desafiador. Portanto, o estudo estratégico dos tipos de manutenção na agricultura familiar não apenas contribui para a eficácia e qualidade dos equipamentos e máquinas, mas também desempenha um papel vital na sustentabilidade e no sucesso desses empreendimentos, possibilitando o alcance de metas e resultados satisfatórios em um ambiente produtivo cada vez mais exigente e competitivo. Com a evolução tecnológica e a implementação da mecanização, máquinas exercem trabalhos fundamentais nas atividades rurais, tornando a gestão da manutenção essencial. Isso inclui a manutenção preventiva, que envolve inspeções regulares para evitar falhas, garantindo o funcionamento contínuo durante a temporada de plantio ou colheita. A eficiência energética também é uma preocupação, e a manutenção adequada ajuda a economizar recursos.

O plantio de pimenta na agricultura familiar requer uma abordagem cuidadosa e estratégica, que inclui tanto os processos de cultivo quanto a manutenção dos equipamentos e infraestrutura necessários. A escolha da variedade de pimenta a ser cultivada deve considerar o clima e o solo da região, visando o melhor desempenho das plantas. A manu-



tenção contínua com o controle de pragas e doenças, que requer monitoramento regular e a aplicação de métodos de controle adequados. A poda das plantas, quando necessário, contribui para um crescimento saudável e a produção de pimentas de qualidade. Além disso, a manutenção de equipamentos agrícolas, como tratores e ferramentas, é essencial para garantir a eficiência das operações. A realização de manutenção preventiva regularmente e a substituição de peças desgastadas ajudam a evitar problemas inesperados. O armazenamento adequado das pimentas após a colheita é importante para prolongar sua vida útil e preservar sua qualidade. Manter registros detalhados de todas as atividades agrícolas auxilia no planejamento futuro e na identificação de problemas.

Sendo assim, investir em treinamento e capacitação para os envolvidos no cultivo de pimenta é importante para garantir práticas adequadas de plantio e manutenção, bem como a segurança no trabalho. Contudo, o plantio de pimenta na agricultura familiar requer uma abordagem completa que inclui a seleção adequada da variedade, preparação do solo, cuidados com as plantas, manutenção de equipamentos e treinamento. Com esses elementos bem gerenciados, é possível obter uma produção saudável e lucrativa de pimentas na agricultura familiar.

A gestão da manutenção envolve o desenvolvimento de planos detalhados, uso de tecnologias de monitoramento e a otimização de custos. Na agricultura familiar, a escolha do tipo de manutenção depende do tamanho da propriedade, tipo de cultivo, orçamento e conhecimento técnico. Um equilíbrio entre prevenção e resolução eficaz de problemas é essencial. Em suma, a gestão da manutenção na agricultura familiar requer um plano abrangente, treinamento adequado, registro detalhado, gestão financeira cuidadosa e consideração de práticas sustentáveis. Isso contribui para reduzir custos, aumentar a produtividade e garantir a longevidade do negócio agrícola.

## Referências

- ANSOFF, H.I. **Estratégia Empresarial**. São Paulo: Mc Graw-Hill, 1977.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 5462: **Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- EASTERBY-SMITH, Mark; THORPE, Richard; LOWE, Andy. **Pesquisa gerencial em administração**. Um guia para monografias, dissertações, pesquisas internas e trabalhos em consultorias. São Paulo: Pioneira, 1991.
- KARDEC, A.; NASFIC, J. **Manutenção: função estratégica**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- MONCHY, F. **A função de manutenção**. São Paulo: Durban, 1989.
- MINTZBERG, Henry. **A criação artesanal da estratégia**. In: MONTGOMERY, C.; PORTER, M. *Estratégia: a busca da vantagem competitiva*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- TRIPP, David. **Pesquisa-ação: uma introdução metodológica**. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.
- MOREIRA NETO, Teófilo Cortizo. **A história da evolução do sistema de gestão de manutenção**. 2017.



# 33

GERENCIAMENTO DE PROJETO: UTILIZAÇÃO DA MATRIZ SWOT  
COMO FERRAMENTA DE GERENCIAMENTO DE PROJETO  
PROJECT MANAGEMENT: USING THE SWOT MATRIX AS A  
PROJECT MANAGEMENT TOOL

Danillo Bernardo Filho  
Danilo Pereira

## Resumo

O presente trabalho teve como finalidade apresentar e reconhecer a matriz SWOT como uma ferramenta eficaz no planejamento organizacional estratégico. A partir das demandas que nos são pedidas no mundo contemporâneo urge a criação de ferramentas que possam nos auxiliarem na feitura dos projetos e nas possibilidades de problemas para uma rápida solução, sem que seja necessária uma grande mudança no projeto. Assim, a matriz SWOT se apresenta como possibilidade, que pensa nas forças e fraquezas, e recria vários cenários possíveis positivos e negativos, e auxilia assim numa melhor produção do projeto final. Utilizou-se como metodologia a Revisão Sistemática de Literatura, buscou-se por autores e conceitos que tratassem do planejamento estratégico, da produção de projetos, relacionado com a matriz SWOT. Somou-se a abordagem qualitativa desses trabalhos acadêmicos com o intuito de analisar e garantir um melhor entendimento sobre a utilidade da matriz SWOT para gerenciar projetos. Apresenta-se como resultado a necessidade debruçar-se na construção de projetos a fim de garantir uma melhor elaboração, em especial garantir a flexibilidade de ferramentas, possibilidades e cenários.

**Palavras-chave:** Planejamento. Gerenciamento. Projeto. Ferramenta. SWOT.

## Abstract

The purpose of this work is to present and recognize the SWOT matrix as an effective tool in strategic organizational planning. Based on the demands that are asked of us in the contemporary world, there is an urgent need to create tools that can help us in the creation of projects and the possibilities of problems for a quick solution, without the need for a major change in the project. Thus, the SWOT matrix presents itself as a possibility, which thinks about strengths and weaknesses, and recreates several possible positive and negative scenarios, and thus helps in better production of the final project. The Systematic Literature Review was used as a methodology, searching for authors and concepts that dealt with strategic planning, project production, related to the SWOT matrix. The qualitative approach of these academic works was added with the aim of analyzing and ensuring a better understanding of the usefulness of the SWOT matrix for managing projects. The result is the need to focus on the construction of projects in order to guarantee better elaboration, in particular guaranteeing the flexibility of tools, possibilities and scenarios.

**Keywords:** Planning. Management. Project. Tool. SWOT.



## 1. INTRODUÇÃO

Inicialmente, destaca-se que o mercado sempre se mostrou um ambiente de grande mutabilidade e inovação em razão da busca pelo lucro e/ou da satisfação da clientela, onde a competitividade exige uma variedade de meios, técnicas e métodos que favoreçam a minimização de recursos, sejam eles humanos ou de capital.

Os métodos são essenciais para a conjuntura e efetivação prática e teórica de qualquer planejamento estratégico, permite que empresas e prestadoras de serviços possam laborar com mais eficiência e qualidade para se destacar diante a grande concorrência. A partir da realidade hoje vivida, vê-se a necessidade de garantir a qualidade do processo e a manutenção deste. Dessa forma métodos, práticas, processos e ferramentas se constroem a cada dia, para que todo esse desenvolvimento seja facilitado e melhorado sempre.

Justifica-se a presente pesquisa pela grande necessidade da aplicação e/ou abordagem de modelos de gestão estratégica nas grandes e pequenas organizações. O mercado mostra-se competitivo, desse modo, para que haja um aumento significativo de vantagens sobre a concorrência é fundamental a criação de modelos estratégicos nos mais variados ambientes e planos que serão definidos pelas esfericidades da organização.

Diante dessa mutabilidade o presente trabalho se constrói, e pensa a Engenharia de Produção como a área que se debruça a entender e construir os projetos, sua implantação, operação e melhoria e manutenção dos sistemas produtivos, assim apresenta-se a matriz SWOT, como uma ferramenta de criação de projetos, assim como sua manutenção e possíveis mudanças. Esta pesquisa pretende responder o seguinte questionamento: “Qual a importância/necessidade das organizações adotarem métodos de gerenciamento estratégicos através da matriz SWOT?”.

A hipótese relaciona-se diretamente com a importância/necessidade de as organizações adotarem métodos de gerenciamento estratégicos, assim apresentamos a matriz SWOT como ferramenta para planejamentos estratégicos eficazes, em razão de sua capacidade de identificar o grau em que as forças e fraquezas organizacionais são relevantes. O objetivo geral visou demonstrar os efeitos positivos da abordagem de gerenciamento de projetos e o desempenho das organizações e os objetivos específicos apresentar o Planejamento Estratégico; identificar a matriz SWOT e demonstrar a aplicação da matriz SWOT como ferramenta do Planejamento Estratégico.

A matriz SWOT é classificada como uma ferramenta que analisa todos os cenários possíveis da execução de um projeto, e sua utilização demanda grande notoriedade na gestão e/ou no planejamento de estratégias de organizações, considerado como um modelo simplista de gerenciamento que possibilita a visualização da melhor abordagem estratégica organizacional, como restará demonstrado a seguir.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, do tipo qualitativo, no qual foi feita uma consulta em livros relativos ao tema, dissertações e em artigos científicos publicados nos últimos 20 anos. As palavras-chaves utilizadas nas buscas foram: Planejamento, Gerenciamento, Projeto, Ferramenta e SWOT, e os principais autores que



contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa foram: PMI, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, MAXIMIANO, VERZUH e TERRIBILI FILHO.

Como critérios de inclusão estão os materiais dos autores e textos científicos publicados nos últimos 20 anos e relacionados com as palavras-chaves da pesquisa; os critérios de exclusão são os textos científicos publicados e que não atendam aos critérios de inclusão.

## 2.2 Resultados e Discussão

O Gerenciamento de Projetos é considerado pela literatura como uma terminologia recente, tendo em vista que seus estudos práticos e metodológicos foram desenvolvidos e aplicados recentemente, sofre constantemente alterações significativas em seus conceitos e abordagens. O Gerenciamento de Projetos sempre esteve presente no desenvolvimento da humanidade e conseqüentemente nas grandes civilizações que conseguiram executar incríveis feitos corroborando para melhorias e qualidade de vida para a população (VERZUH, 2005).

O aumento nas demandas comerciais ensejou o surgimento de novas necessidades em face a dispensação de produtos para outras localidades, proporcionando a realização de projetos de gerenciamentos que inicialmente foram custeados pelo Estado. Inúmeros projetos de infraestruturas foram realizados como, por exemplo, ferrovias, pontes, embarcações determinantes para otimização da produção nas fábricas e conseqüentemente o aumento do lucro, influenciando a sistematização e a reorientação das indústrias que buscavam novas formas de administrar o modo de produção (TERRIBILI FILHO, 2011).

Estudos significativos sobre Gerenciamento de Projetos surgiram apenas quando da mobilização de uma gama considerável de países desenvolvidos que necessitavam da cooperação mútua, principalmente sobre a disponibilidade de matéria-prima e mão de obra específica e barata. Um exemplo claro sobre essas características ocorrera na metade do século XIX, quando do surgimento da Revolução Industrial (1760, aproximadamente) que alterou profundamente o cenário internacional com a produção em massa de manufaturados, além de mudanças econômicas marcantes em razão do surgimento de um novo modelo capitalista. O surgimento de novos meios de produção e um modelo capitalista mais frenético ensejou a introdução de métodos e estratégias mais eficientes na produção de produtos, surgindo assim os primeiros princípios no gerenciamento de projetos, com intuito de obter mais lucros e rentabilidade em todos os setores das fábricas (VERZUH, 2005).

A definição e/ou conceito do Gerenciamento de Projetos são inúmeros, porém, retratam a mesma funcionalidade. De acordo com a literatura mais abalizada - PMBOK – o gerenciamento de projetos poderá ser compreendido como a abordagem de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas que vislumbram atividades capazes de atingir as metas e os objetivos dos projetos. A complexidade do gerenciamento será proporcional ao nível de atividades executadas pela empresa, em que os resultados de determinadas áreas irão influenciar diretamente outras em razão do prazo, custo, qualidade.

O PMI – *Project Management Institute* – afirma que a definição para o gerenciamento de projetos está baseada na aplicação de conhecimentos práticos e científicos coadunados com técnicas hábeis para que se consiga uma execução de projetos rápida e efetiva. Aduz ainda que essa abordagem deverá ser observada como uma estratégia de produção e de mercado, pois sua execução com excelência gerará conseqüências positivas frente ao mercado competitivo (PMI, 2010).

De forma mais clara e compactada o gerenciamento de projetos deverá ser a união de empenhos da mão-de-obra ou dos colaboradores, matéria prima e recursos financeiros aplicados de modo inovador com intuito de satisfazer objetivos e/ou especificações inicialmente definidas, busca sempre a minimização dos custos e do tempo em razão de mudanças benéficas para a organização. Dessa arte, os exemplos de projetos mais usuais são (ABGP, 2005):

- A. Lançamento de um novo produto ou serviço;
- B. Implementação e/ou adaptação de mudanças organizacionais em determinado departamento;
- C. Construção de edifícios;
- D. Aumento da capacidade da rede de dados de informática em uma organização.

Cientificamente, o Gerenciamento de Projetos surgira logo depois com a significativas contribuições de Frederick Taylor (1885 – 1915), engenheiro mecânico, autor do livro “Os Princípios da Administração Científica” publicado em 1911, considerado como o precursor do gerenciamento científico. Em sua obra elencava detalhadamente métodos e técnicas de gerenciamento que poderiam ser aplicados nas organizações para que houvesse um maior retorno nas atividades laboradas, além de afirmar que os colaboradores nas fábricas poderiam ser analisados e otimizados levando a uma produção de qualidade. A solução para os problemas que envolviam o déficit no processo produtivo antes da publicação da supracitada obra, se baseava na exaustão da mão de obra com maiores horas de trabalho, sendo que Frederick Taylor afirmou que a mão de obra poderia ser mais efetiva se levasse em conta aspectos pessoais dos colaboradores (TERRIBILI FILHO, 2011).

Tais feitos e/ou projetos possuem inúmeras categorias ou funcionalidades como, por exemplo, monumentos, aquedutos, plantação e domesticação de animais para consumo que necessitavam de certo planejamento e gerenciamento para sua perfeita execução. A realização dos projetos listados anteriormente apesar de serem considerado simplistas, sua execução necessitava de um planejamento mesmo que primitivo, podendo elencar o estabelecimento de prazos em razão da mudança das estações, alocação de mão obra e dispêndio de matéria prima. Assim, para alcançar as metas e objetivos desejados era indispensável uma organização e/ou administração pré-estabelecida de seus idealizadores (VERZUH, 2005).

A aplicação e abordagem do gerenciamento de projeto é diferenciada em razão das novas tecnologias e meios de produção, além de um capitalismo dinâmico e mais competitivo acabou alterando profundamente as formas que as empresas laboram. Desse modo, a concorrência entre as empresas e suas regras de competição ficaram mais complexas, ensejando abordagens que otimizam o tempo de produção, inovações de produtos, qualidade, custo-benefício e preço que tornaram essencialmente ferramentas de competitividade (ver Figura 1). Nesse viés as empresas e organizações deverão possuir obrigatoriamente um gerenciamento de projetos mais organizados e otimizados que supram as perspectivas e demandas do mercado (PMI, 2010).

A demanda por um planejamento estratégico se torna imprescindível, uma vez que a mutabilidade é uma das principais características do mercado mundial, pois se modifica a cada momento e virada sejam elas políticas, econômicas e culturais. Assim, a matriz SWOT, que apresenta forças e fraquezas dentro do projeto (ainda de sua feitura), se demonstra uma ferramenta eficaz para o momento atual.



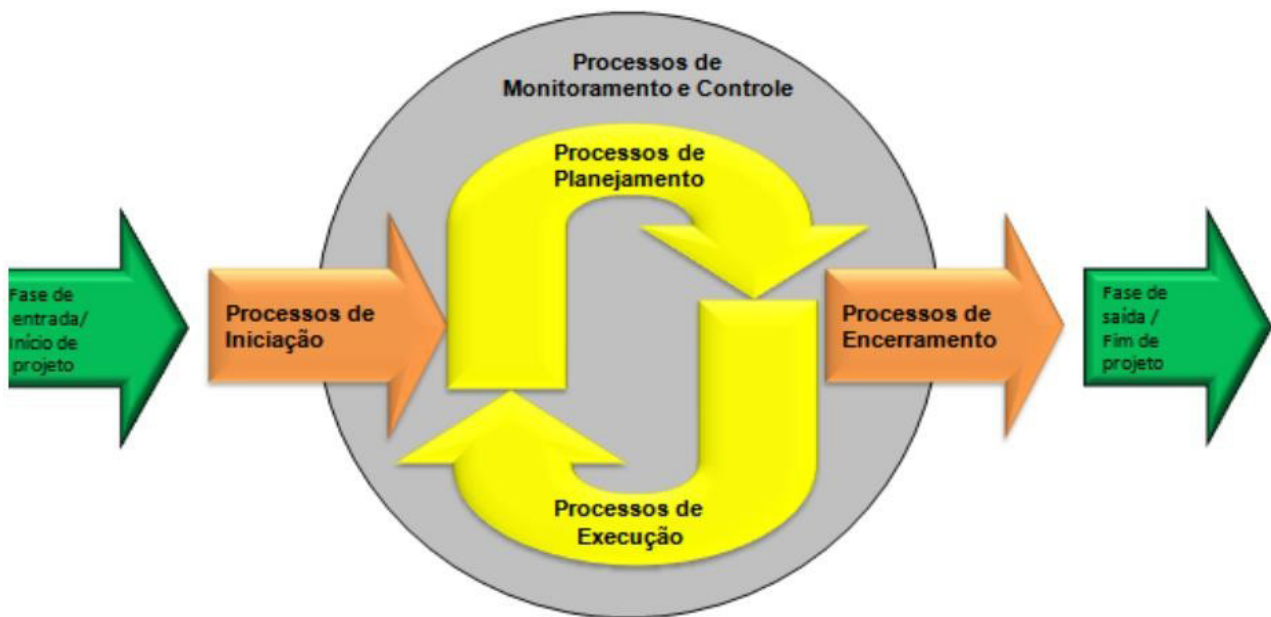


Figura 1. Processo de Gerenciamento de Monitoramento e Controle

Fonte: PMI (2008)

O ciclo de vida de um projeto seguirá outras determinações dos conceitos de marketing, tendo em vista que o produto e resultado final do projeto lançado dependerá de sua aceitação e/ou adaptação do mercado. A aceitação e adaptação do produto no mercado tem uma vida estabelecida que poderá ser definida em fases: lançamento, crescimento, maturidade e declínio, ressaltando que a vida do produto poderá diminuir ou aumentar dependendo de sua disponibilidade no mercado. Como poderá ser observado no gráfico na Figura 2:

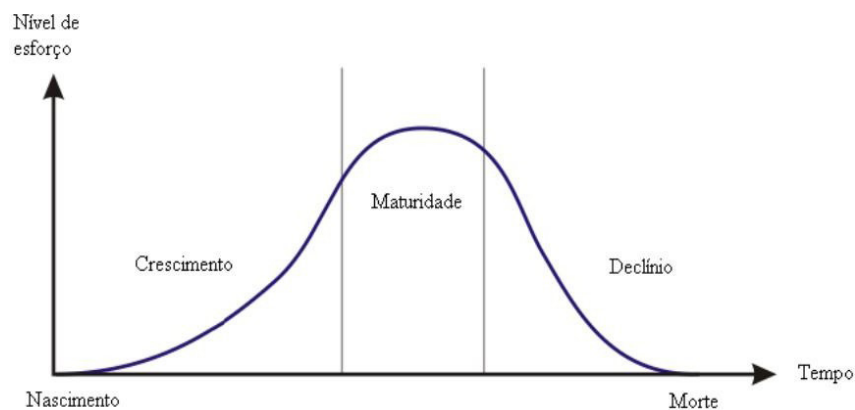


Figura 2. Ciclo de Vida do Projeto

Fonte: TAHATA (2010)

As formas e métodos para descrever o ciclo de vida de um projeto poderá ser variado, onde os itens descritos na figura anterior poderão ter características generalizadas, mas ressalta-se que tais generalidades poderão ser mutáveis de acordo com as metas e objetivos propostos. Como aduz o PMBOK (2000):

1. Os custos da produção e os gastos com os colaboradores deverão seguir o desenvolvimento do gráfico. Baixo no início, aumento significativo até chegar ao topo, se perfazendo a fase final do projeto;
2. Mudanças significativas na composição e característica do produto. Alta no início, porém reduzindo no final do projeto;

3. Os riscos e incertezas vai diminuindo durante a confecção e desenvolvimento do projeto.

Para Maximiano (1997) o ciclo de vida de um projeto não precisará ser exclusivamente generalizado, tendo em vista sua mutabilidade de abordagens. Desse modo o autor apresenta um modelo de ciclo de quatro fases, conforme mostrado na figura 4, permitindo a iniciação de uma fase sem necessariamente a outra ser concluída.



Figura 3. Ciclo de Vida do Projeto Maximiano (1997)

Fonte: Maximiano (1997)

Assim, com base na literatura de Maximiano (1997), um projeto deverá conter inúmeras especificidades que contemplem sua singularidade como, por exemplo, a complexidade do problema, diferencial das atividades de rotina da organização, altíssimo grau de desconhecimento sobre a solução de problemas, apresentação de resultados em tempo inexorável, utilização e coadunação de diversidades, recursos e competências, utilização de todos os setores organizacionais para a resolução de problemas e o grau de importância dos problemas e sua solução para a organização.

A literatura dominante sobre o gerenciamento de projetos afirma a necessidade de as organizações reavaliarem a criação, planejamento e execução de seus projetos a cada três anos, com objetivo de percorrer todos os acontecimentos e situações que propiciaram a presente situação organizacional. Dessa arte, pode ser citado inúmeras vantagens da confecção de um Planejamento Estratégico, sendo estes serem citados segundo Drucker (1994):

(...) Análise de Conjunto: estuda todas as variantes e fatores que influenciam na produção e/ou execução de serviços, observando a organização, clientela, concorrentes e fornecedores;

Precisão nas tomadas de decisões: enseja em um clima organizacional harmônico e consciente capaz de gerar decisões concisas e coesas dos gestores em face de problemas existentes;

Direcionamento uno: direciona todos os atores organizacionais no comprometimento das metas e objetivos;

Melhoramento na moldagem organizacional: influencia na melhor adaptação em razão dos possíveis riscos e variáveis decorrente das mudanças no ambiente, sejam eles interno ou externos;

Otimização dos Recursos: emprega oportunamente os recursos organizacionais disponíveis, sejam eles de capitais ou de pessoal;

Aumento na motivação organizacional: proporciona satisfação dos colaboradores e gestores da organização no alcance das metas;



Otimização do controle: facilita o controle de recursos e de pessoal sem gerar ônus excessivos para a organização;

Feedback contínuo: proporciona ajustes e reajustes para o alcance das metas de forma otimizada e contínua sem afetar os rendimentos e/ou produção da organização (...).

A elaboração de uma estratégia possibilita que a organização possa nortear suas ações em busca de suas metas, objetivos e obstar e sanar os riscos empresariais. A característica de um planejamento estratégico, segundo Ansoff e McDonnell (1993) poderá ser definida da seguinte forma: sua confecção e execução não geram ações e/ou resultados imediatos, apenas possui elementos basilares e norteadores; essencialmente deverá produzir projetos estratégicos; o planejamento estratégico será desnecessário quando a historicidade da empresa a nortear para rumos positivos; será estruturado com base em informações, incompletas e incertas; é fundamental a realização periódica do *feedback*; necessariamente os objetivos representam os fins, a estratégia se configura nos meios; as estratégias e objetivos são intercambiáveis em determinadas situações e níveis.

Os grupos de processos são ferramentas utilizadas para quando da inicialização de um projeto e/ou do surgimento de uma nova fase do mesmo. Quando a confecção de um processo for subdividida em duas ou mais fases, torna-se necessário analisar os ditames iniciais definidos dos grupos de processos. Assim quando definidos os processos a serem realizados, serão posteriormente definidos o escopo e a liberação dos recursos para a execução do projeto, sendo que, os processos poderão ser utilizados como diagnósticos intrínsecos para a paralisação ou continuidade do projeto. Segundo o PMBOK determinar grupos de processos que poderão satisfazer e ajudar a complementar inúmeros projetos (PMI, 2010). A figura 4 demonstra com exatidão a execução dos processos e/ou procedimentos das fases de um projeto:



Figura 4. Grupos de processos de um Projeto

Fonte: PMI (2010)

O grupo de processos listados anteriormente correspondem satisfatoriamente ao denominado ciclo PDCA (*PLAN - DO - CHECK - ACT* ou *Adjust*), que significa, planejar, fazer, verificar, agir. Considerado um método de gestão iterativo que se utiliza tais passos, com intuito melhorar continuamente o controle dos processos e produtos.

O processo de inicialização do projeto significa a formalização das etapas a serem seguidas. O planejamento tem como fulcro a captação de dados e informações funda-

mentais para o início da execução atualizado periodicamente para que sejam prevenidos os riscos contundentes ao projeto; o monitoramento e/ou controle assegura que o planejamento do projeto seja executado e seguido à risca; quando a busca das metas e objetivos dos projetos foram conquistados dar-se-á início ao processo de encerramento das etapas do projeto (PMI, 2010).

As fases de processos possuem prazos diferenciados de execução. O processo de inicial do projeto durará um pouco mais que os demais, tendo em vista a complexidade do projeto, porém finda-se após o momento da execução do projeto. O processo de planejamento possui uma complexidade maior, podendo durar até o encerramento do projeto, tendo em vista que seus processos possuem informações primordiais para sanar e obstar riscos.

Os grupos de processos ou áreas de conhecimento figuram no gerenciamento de projetos ações e métodos de abordagens essenciais para uma execução de excelência. Tais grupos possuem uma generalidade diferenciada tendo em vista sua vasta aplicabilidade em inúmeros setores organizacionais, onde estes métodos de gerenciamento poderão se listados da seguinte forma (PMI, 2010):

Os gerenciamentos de projetos listados anteriormente surgem da união de três variáveis classificadas de custo, prazo e escopo. Essas variações são métodos de gerenciamentos iniciais que com o decurso do tempo foram sendo melhorados e otimizados para melhor execução dos projetos, porém, mesmo com diversificação de gerenciamento, seja no início ou no final do projeto, importará estas três variações (PMI, 2010).

**Quadro 1.** Métodos de Gerenciamento

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Gerenciamento de Tempo:</b>     | - Esta abordagem de gerenciamento tem como finalidade a maximização do tempo gasto na produção de produtos e/ou na execução de serviços. Assegurando que os processos e procedimentos sejam findados no prazo firmado em sequenciamento planejado com estimativa de duração de atividades rentável e eficaz juntamente com o desenvolvimento e controle de cronograma.                                                            |
| <b>2. Gerenciamento de Custo:</b>     | - Esta abordagem de gerenciamento é composta por planejamentos auxiliares que estão intimamente ligados aos custos e/ou dispêndios monetários da execução do projeto como, por exemplo, estimativa, planejamento de recursos, orçamento e controle das despesas decorrentes de eventos extraordinários. Tendo como principal finalidade assegurar a utilização dos recursos orçamentários arrolados originalmente para o projeto. |
| <b>3. Gerenciamento de Qualidade:</b> | - A modalidade de gerenciamento em face a qualidade está voltada para a satisfação das necessidades, perspectivas que se originaram no momento da produção do projeto.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>4. Gerenciamento do Escopo:</b>    | - O gerenciamento em estudo contempla todos a fiel execução do que fora acordada na confecção do projeto, não permitindo a adição e/ou subtração de aspectos essenciais, com fulcro de que o projeto possa ser realizado e concluso no tempo e no que fora programado.                                                                                                                                                            |

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5. Gerenciamento de Recursos Humanos:</b> | - Este tem como objetivo nortear efetivamente a mão de obra existente para a realização do projeto. Em sua conjuntura existe o planejamento organizacional, formação, desenvolvimento e monitoração de equipes. Classificada como uma das etapas de gerenciamento mais sensíveis, tendo em vista que a gestão de pessoas e/ou colaboradores é complexa, dependendo da evolução e sensibilidade do coordenador e gestor organizacional a frente do projeto em execução. |
| <b>6. Gerenciamento de Comunicações:</b>     | - Tem como função a destruição específica e necessária para a execução dos processos em todas as suas etapas resguardando a criação, armazenamento, planejamento. A sua conjuntura é formada pela interação dos planejamentos de comunicação e direcionamento de informações intrínsecas ao projeto, feedback do desenvolvimento e evolução dos processos de execução e do encerramento das atividades realizadas pelo setor administrativo.                           |
| <b>7. Gerenciamento dos Riscos:</b>          | possíveis soluções para os possíveis riscos do processo do projeto. Sua conjuntura é composta por demais planejamentos com intuito de satisfazer as demandas e necessidades no aparecimento de situações que põem em a execução do projeto, sendo estes, Planejamento de gerencia de riscos, desenvolvimento e evolução das ações em face dos riscos como, por exemplo, controle e monitoração.                                                                        |
| <b>8. Gerenciamento de Integração:</b>       | - Tem como função a integralização e coordenação dos processos de gerenciamento, com intuito de unificar todas as ações, tornando-se em uma completude. Este gerenciamento deverá ser composto por tomadas de decisões precisas e efetivas que possam contribuir substancialmente para a boa execução do projeto.                                                                                                                                                      |
| <b>9. Gerenciamento das Aquisições:</b>      | - Tem a finalidade de gerenciar os serviços e/ou bens que não estão disponíveis na organização, devendo estes serem encontrados em outras organizações. Sua conjuntura necessita de outros planejamentos como o de aquisições, preparação de aquisições, formação de propostas dos fornecedores, seleção dos fornecedores, administração e controle da abertura e encerramento dos contratos.                                                                          |

Quadro 1. Métodos de GerenciamentoFonte: Adaptado PMI (2010)

Utilizando a matriz SWOT no contexto do gerenciamento de projetos, os líderes podem adquirir uma visão mais completa e ampla da situação do projeto, capitalizando suas vantagens, confrontando suas limitações, explorando as possibilidades e atenuando os riscos. Essa avaliação estratégica desempenha um papel fundamental na formulação de decisões informadas e na estipulação de prioridades, culminando na realização efetiva de projetos e no alcance das metas estabelecidas. Para McCreadie (2008), a matriz SWOT é

uma ferramenta usada para a realização de análise de ambiente e serve de base para planejamentos estratégicos e de gestão de uma organização. A SWOT serve para posicionar ou verificar a situação e a posição estratégica da empresa no ambiente em que atua.

Esse planejamento estratégico visa garantir que a matriz SWOT seja integrada de forma eficaz no gerenciamento de projetos, proporcionando uma abordagem estruturada para avaliar e aproveitar os aspectos internos e externos que impactam o projeto. A estratégia deve ser flexível para se adaptar às necessidades específicas de cada projeto, sempre com foco na maximização dos resultados e no desenvolvimento contínuo da equipe de gerenciamento.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da matriz SWOT como ferramenta de gerenciamento de projetos oferece uma abordagem abrangente e estruturada para avaliar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de um projeto. Ao analisar esses aspectos internos e externos, a matriz SWOT permite que os gestores de projetos identifiquem áreas críticas que precisam de atenção, alavanquem vantagens competitivas e mitiguem riscos potenciais.

Esta pesquisa demonstrou que a integração da matriz SWOT ao ciclo de vida do projeto oferece benefícios tangíveis, como melhor tomada de decisão, planejamento estratégico mais informado e ajustes contínuos para otimizar os resultados. No entanto, é crucial reconhecer que a eficácia da matriz SWOT depende da qualidade das informações coletadas e da habilidade da equipe em interpretá-las corretamente.

Portanto, seu uso deve ser complementado por outras ferramentas de gerenciamento de projetos e práticas sólidas. Em última análise, a incorporação da matriz SWOT no gerenciamento de projetos fortalece a capacidade da equipe de identificar, compreender e responder de maneira eficaz aos fatores internos e externos que impactam o sucesso do projeto.

A presente pesquisa evidencia a utilização da matriz SWOT como ferramenta de gerenciamento de projetos é um passo significativo em direção à conquista do sucesso e à mitigação de desafios inerentes a qualquer empreendimento. Ao integrar essa metodologia ao processo de gerenciamento, os gestores de projetos têm a capacidade de visualizar uma panorâmica completa do ambiente no qual o projeto está inserido. Isso, por sua vez, possibilita a identificação precoce de possíveis problemas, a capitalização de vantagens competitivas e a exploração de oportunidades emergentes.

Além disso, a matriz SWOT favorece a comunicação eficaz dentro da equipe de projeto e com partes interessadas externas. Ao compartilhar informações sobre as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças identificadas, os membros da equipe podem alinhar suas estratégias, definir metas realistas e tomar decisões informadas de maneira colaborativa. Isso, por consequência, aprimora a coordenação e a coesão entre os envolvidos, promovendo um ambiente de trabalho mais harmonioso e focado na consecução dos objetivos estabelecidos.

No entanto, é fundamental compreender que a matriz SWOT não é uma solução isolada, mas sim um componente integrante de um conjunto mais amplo de ferramentas e técnicas de gerenciamento de projetos. Seu sucesso depende da coleta precisa de dados, da análise criteriosa das informações e da aplicação diligente dos insights resultantes. Assim, seu uso deve ser complementado por outras metodologias, como análise de riscos, planejamento de cronograma e alocação de recursos, a fim de maximizar os benefícios e



resultados positivos.

Portanto, conclui-se que a matriz SWOT, quando incorporada de maneira eficaz ao gerenciamento de projetos, oferece uma abordagem sistemática e abrangente que empodera as equipes a tomarem decisões fundamentadas, anteciparem desafios e otimizar o desempenho do projeto. Sua aplicação inteligente e integrada tem o potencial não apenas de aprimorar os resultados do projeto, mas também de nutrir uma cultura de aprendizado contínuo e melhoria dentro da equipe de gerenciamento.

## Referências

- ABGP, **Associação Brasileira de Gestão de Projetos**. Referencial Brasileiro de Competências em Gerenciamento de Projetos, 2005.
- ANSOFF; H. Igor; ALT, Edward J. MCDONNELL. **Implantando a Administração Estratégica**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- DRUCKER, Peter. **Administração de organizações sem fins lucrativos: princípios e práticas**. São Paulo: Pioneira, 1994.
- MAXIMIANO, Antônio C.A. **Administração de projetos** – Como transformar ideias em resultados. São Paulo: Atlas, 1997.
- MCCREADIE, Karen. **A Arte da Guerra SUN TZU: uma interpretação em 52 ideias brilhantes**: 1. ed. São Paulo: Globo, 2008.
- PMI, PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, **Chapters Brasileiros**. Estudo de Benchmarking em Gerenciamento de Projetos no Brasil, 2010
- \_\_\_\_\_. PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC. (PMI®). **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)**. 4ª edição. Project Management Institute, Inc. Newtown Square, Pensilvânia, EUA, 2008.
- TAHATA, Herick Kiyoshi Ogata. **A aplicação de ferramentas de planejamento estratégico na automação industrial**. (Trabalho de Conclusão de Curso) Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010. Disponível em <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-23082010-110236/?&lang=br>>. Acesso em 10 ago., 2023.
- TERRIBILI FILHO, Armando. **Estratégica. A profissionalização do gerenciamento de projetos no Brasil: um estudo comparativo dos resultados dos benchmarkings de 2004 e 2010, 2011**. Disponível em: [http://www.faap.br/revista\\_faap/estrategica/Estrategica-11-1.pdf](http://www.faap.br/revista_faap/estrategica/Estrategica-11-1.pdf). Acesso em: 15 ago. 2023.
- VERZUH, E. **The fast forward MBA in Project Management**. New York: John Wiley & Sons, 2005.





# 34

## EQUIPES AUTOGERENCIÁVEIS: CONQUISTAS E DESAFIOS SELF-MANAGING TEAMS: ACHIEVEMENTS AND CHALLENGES

Bráulio da Silva Pires  
Mirian Nunes de Carvalho Nunes

## Resumo

Neste artigo será abordado o conceito de equipes autogerenciáveis, suas conquistas e desafios, os requisitos para sua implementação para garantir o sucesso. As equipes autogerenciáveis são comuns em diversos setores, como indústria, esporte, inovação e em áreas que atendam aos critérios necessários para sua criação. Para que essas equipes prosperem, é fundamental criar um ambiente que promova autonomia, liberdade e criatividade. Diante disso, questionamos: Quais são os desafios que as equipes autogerenciáveis trazem para as organizações? O objetivo geral deste estudo foi descrever os benefícios de equipes autogerenciáveis para as organizações na atualidade. Os resultados apontam que as empresas podem obter inúmeros benefícios ao adotar essa forma de equipe gerenciável, as vantagens incluem não apenas a melhoria da competitividade e da eficiência produtiva, mas também a adesão a uma tendência de mercado que enfatiza a interligação entre os diferentes setores. Conclui-se que os integrantes precisam se sentir confiantes e motivados para alcançar os objetivos estabelecidos. Além disso, a organização deve estar disposta a fornecer a liberdade e autonomia necessárias aos colaboradores. Nesta revisão da literatura, foram selecionados estudos relevantes publicados entre 2000 e 2023.

**Palavras-chave:** Autonomia, Motivação, Participação, Liderança, Equipes.

## Abstract

This article will address the concept of self-managed teams, their achievements and challenges, and the requirements for their implementation to ensure success. Self-managed teams are common in various sectors, such as industry, sports, innovation, and in areas that meet the necessary criteria for their creation. For these teams to thrive, it is essential to create an environment that promotes autonomy, freedom, and creativity. In view of this, we ask: What are the challenges that self-managed teams bring to organizations? The general objective of this study was to describe the benefits of self-managed teams for organizations today. The results indicate that companies can obtain numerous benefits by adopting this form of manageable team. The advantages include not only improved competitiveness and productive efficiency, but also adherence to a market trend that emphasizes the interconnection between different sectors. It is concluded that members need to feel confident and motivated to achieve the established goals. In addition, the organization must be willing to provide the necessary freedom and autonomy to employees. In this literature review, relevant studies published between 2000 and 2023 were selected.

**Keywords:** Autonomy, Motivation, Participation, Leadership, Teams.

## 1. INTRODUÇÃO

Cogita-se ressaltar de início que as equipes autogerenciáveis se tornam um tema a ser analisado para alcançar a eficácia, em todos seus desafios. Nota-se a importância sobre a satisfação e ao comprometimento dos funcionários no novo contexto organizacional o qual estamos perpassando, onde as equipes autogerenciáveis são usufruídas em numerosas áreas.

Nas últimas três décadas, estudos mostram uma nova alternativa para o gerenciamento de equipes, na perspectiva do melhor desempenho da organização na tomada de decisões no mundo empresarial, em contrapartida ao método tradicional de gerenciamento. O novo modelo propõe a construção de equipes com o gerenciamento diferenciado do modelo tradicional, no qual a decisão não é centralizada, mas sim construída e compartilhada pela equipe (CARDOZO, 2012).

Justifica-se a relevância do tema devido ao fato de que atualmente, as empresas encontram-se explorando formas de aperfeiçoar seu desempenho e progresso tornando-se competitivas em um mercado cada vez mais concorrente. Logo pois, para isso muitas dessas organizações já averiguaram que um ponto fundamental neste processo são seus funcionários, e que estes precisam estar comprometidos e motivados com os objetivos da empresa.

Como objetivo geral o trabalho visa descrever os benefícios de equipes autogerenciáveis para as organizações na atualidade. Como objetivo específico, o trabalho apresentou: conceituar as características das equipes autogerenciáveis; citar os desafios enfrentados pela gestão de equipes autogerenciáveis; descrever os benefícios de se implantar uma gestão de equipes que são capazes de se autogerenciar.

No entanto tem como contribuição apontar aos gestores a importância e utilidade do tema, pois as organizações querem um fluxo de trabalho eficiente onde se desenvolva criatividade, eficácia e dedicação à melhoria. Diante disso tem sido cada vez mais valorizado e tem-se aumentado a preocupação com a qualidade de vida do trabalhador. Portanto, quais os benefícios e desafios das equipes autogerenciáveis para a organização das organizações?

Outros aspectos apontados nos conceitos de Cardozo (2012) na abordagem tradicional, a liderança é uma função estritamente centralizada, na qual a autonomia individual se sobressai, em contrapartida à autonomia concedida para a equipe. Por outro lado, no novo modelo gerencial as equipes assumem responsabilidades de serem autogerenciáveis de forma compartilhada, observando e acompanhando seus próprios passos em execução, bem como, a análise e avaliação dos resultados.

Para tanto, esta nova forma de gerenciamento dos colaboradores exige o encorajamento e estímulo dos mesmos na solução de problemas e conflitos, como também em imaginar e propor novas ideias e soluções para melhor executar as tarefas, com isto, definem-se equipes autogerenciáveis: que são grupos de pessoas executando trabalhos de forma independente, porém de estratégia grupal, sem interferência de um chefe, equipes tomando decisões e se responsabilizando (ROBBINS, 2005). Equipes autogerenciáveis consistem em grupos sem uma hierarquia definida, em que cada membro é encarregado do desempenho final e está habilitado para tomar escolhas de forma independente.



## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A metodologia desta pesquisa caracteriza-se em pesquisa bibliográfica, ou seja, baseada na discussão e a contribuição de outros autores sobre o tema proposto, a partir da leitura de livros, artigos científicos na internet. Foi realizada uma análise sobre o assunto proposto a fim de difundir a importância e benefícios desta nova forma de gerir equipes e desenvolvê-las.

O levantamento bibliográfico foi realizado em livros, revistas e periódicos indexados, documentos acadêmicos publicados entre o ano de 2000 a 2022. As bases de dados pesquisadas foram: Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

### 2.1 Resultados e Discussão

Atualmente, diante do contexto empresarial em constante busca por aprimoramentos nos procedimentos realizados, com o objetivo de obter uma produção eficiente com excelência e reduzindo os custos, a presença de uma equipe de funcionários com habilidades diversas é crucial. Nesse sentido, as organizações buscam alternativas para alcançar esse benefício e uma delas é a formação de um grupo autogerenciável (MACHADO *et al.*, 2021).

Mediante a competitividade existente no mercado na atualidade, a procura das organizações pela eficiência requer diversos processos de excelência, que notabilizam pela qualidade na atuação empresarial diante disso, as empresas buscam, incansavelmente, pelo capital intelectual, que possa ser sujeito diferenciador neste cenário. Da Silva, Pavanato e Brito (2011) afirmam que as organizações que investem em programas de incentivo têm uma credibilidade entre seus colaboradores, o que resultará em um maior engajamento e comprometimento com a empresa. Isso ocorre porque a empresa demonstrará disposição em investir no desenvolvimento do conhecimento de seus funcionários. Logo pois, o trabalho objetiva mostrar conquistas e desafios que as equipes autogerenciáveis trazem para as organizações, descrevendo o ambiente propício para o desenvolvimento das equipes autogerenciáveis.

De acordo com Fiorelli (2006), equipe é composto por indivíduos que possuem uma identidade compartilhada, refletida em ações planejadas e executadas em conjunto visando alcançar metas e interesses que são comuns a todos os membros e à organização. Há uma conexão emocional na equipe e um senso de interdependência para alcançar os objetivos estabelecidos pela equipe.

Conceitua-se nas palavras de Robbins, Judge e Sobral (2010) as equipes autogerenciadas são divididas em grupos de funcionários (geralmente entre 10 a 15 pessoas) que realizam trabalhos muito relacionados ou interdependentes e assumem muita das responsabilidades que antes eram dos seus antigos supervisores.

Segundo Vieira, Silva e Ajala (2005), ao discutirem sobre equipes autogerenciáveis, afirmaram que a estrutura de trabalho no método de produção em larga escala seguia a proporção entre desempenho e trabalho voltada para a melhoria da eficiência, por meio da utilização aprimorada dos recursos de produção.

A formação de equipes autogerenciáveis é uma estratégia para acompanhar as atualizações no mercado empresarial, visto que atualmente a tecnologia isolada não é mais

um diferencial tão significativo como anteriormente. Dessa forma, é fundamental elevar o valor da empresa de outras maneiras, prioritariamente por meio do conhecimento e da informação, os quais estão presentes no maior patrimônio da organização: seus colaboradores. Portanto, é essencial não apenas fomentar, mas também promover o desenvolvimento dessas características (PONCHIROLLI, 2002).

Decerto que a Implantação de uma equipe autogerenciável pode trazer benefícios significativos para a empresa. No contexto de Jones, George (2011, p.539) “os gerentes, geralmente, formam equipes de trabalho autogerenciadas para aprimorar a qualidade, aumentar a motivação e a satisfação e reduzir custos.”

Diante disto, Gasparetto (2007) ressalta que nessas relações, a escolha de papéis a serem exercidos por seus membros (líder, facilitador, operacionalizador, entre outros) parte da iniciativa do próprio grupo e oscila de acordo com a necessidade dos diferentes contextos e demandas enfrentados por esse grupo em prol do seu bem comum.

Segundo Júlio e Neto (2002) as equipes autogerenciáveis podem ser muito benéficas em quesitos como: gerar maior autonomia aos funcionários, desenvolvimento da capacidade de liderança de cada indivíduo, flexibilidade nas decisões, facilidade de adaptação às demandas do dia a dia, bom convívio entre pessoas das mais diversas gerações, agilidade no trabalho, rapidez nas ações e descentralização das tarefas, sem que ninguém se sobrecarregue.

Grandes empresas no mundo todo têm utilizado equipes autogerenciadas para aumentar sua produtividade e se aproveitar da flexibilidade que essas equipes podem trazer (ROBBINS, 2005). Mediante esta análise, compreende-se que qualquer empresa pode e precisa trabalhar com equipes autogeridas, mas isso não é algo que aconteça da noite para o dia, necessita de muito esforço e por vezes uma mudança de cultura organizacional, o que é um grande desafio dependendo do quanto esta cultura está impregnada nas pessoas.

Machado (2014) avalia uma equipe auto gerenciável como uma equipe capaz de tomar as decisões com autonomia é, quando o gestor a treina seus subordinados para serem capazes de solucionar os problemas que surgirem no processo de execução de uma tarefa.

Nas últimas três décadas, estudos mostram uma nova alternativa para o gerenciamento de equipes, na perspectiva do melhor desempenho da organização na tomada de decisões no mundo empresarial, em contrapartida ao método tradicional de gerenciamento. Não raro, toma-se conhecimento, por meio das evidências de Cardozo (2012) o novo modelo propõe a construção de equipes com o gerenciamento diferenciado do modelo tradicional, no qual a decisão não é centralizada, mas sim construída e compartilhada pela equipe.

Hitt, Miller e Colella (2013) relatam que equipes com autogestão possuem uma grande parcela de autonomia e controle em relação ao trabalho que realizam. Ainda que as equipes autogerenciáveis frequentemente estejam sujeitas a supervisão por parte dos gestores, o papel do gestor é favorecer o desempenho e o envolvimento dos membros da equipe através de direcionamento e suporte, e não gerenciar a equipe

Nas premissas de Wageman (1997) as equipes autogerenciadas tornam-se responsáveis pelo seu próprio trabalho, monitoram seu próprio desempenho, e adequam suas estratégias à medida em que as condições do trabalho mudam. Em conformidade com Cooney (2004) as tarefas de gestão, anteriormente realizadas por gerentes e supervisores, passam a ser responsabilidade da equipe, que vê assim seu papel ser alargado.

A familiaridade com os membros da equipe pode resultar em ideias inovadoras e na





implementação de novos métodos de gestão. Isso porque o conhecimento reside na mente de cada pessoa e, ao colocar esse princípio em prática, o gestor consegue criar estratégias que promovem o crescimento e a motivação dos colaboradores sob sua liderança (OLIVEIRA, 2013).

O líder tem como função guiar, motivar e controlar a equipe para que consiga atingir um objetivo comum, para isso o líder precisa conhecer as competências de cada um de seus subordinados, isso faz com que a liderança se torne cada vez mais eficaz. Outro papel do líder é propiciar aos indivíduos de sua equipe a oportunidade de desenvolver outras habilidades que possam auxiliar a organização a se manter em crescimento contínuo (ALBUQUERQUE, OLIVEIRA 2010; DUBRIN, 2003).

Conforme Macedo *et al.* (2012), equipes autogerenciáveis são responsáveis por elaborar estratégias para resolver problemas, tomar decisões operacionais e contratar pessoas para realizar as tarefas. Elas assumem as responsabilidades que antes eram dos supervisores, de acordo com Robbins, Judge, Sobral (2010), essas atividades incluem o planejamento e a programação do trabalho, a atribuição de tarefas aos membros, a tomada de decisões operacionais e a implementação de ações para resolver problemas de trabalho com fornecedores e clientes.

De acordo com Jones e George (2011, p.539), a formação de equipes autogerenciáveis pelos gerentes pode proporcionar melhorias significativas para a empresa, tais como aprimoramento da qualidade, aumento da motivação e da satisfação, e redução de custos.

Dada essa necessidade de atualização constante, as organizações buscam cada vez mais independência no desenvolvimento e implantação de novas estratégias para se perpetuar no mercado (LAPENDA, 2012; SACHS, 1995). Dessa forma, originam os Times Autogerenciáveis (TAG), com o intuito de melhorar o desempenho de equipes descentralizando tarefas/atividades, assim permitindo que o gestor dedique a maior parte de seu tempo na administração estratégica, definindo os objetivos, metas e estratégias para a organização (ARBIX; MIRANDA, 2018).

Em consequência disso Robbins (2005) classifica equipes autogerenciáveis como grupos de pessoas que realizam tarefas de forma independente sem a supervisão de um chefe direto, gerenciando recursos. Nessa premissa, as atribuições a serem executados pelos membros é de iniciativa do próprio grupo alternando com as mudanças de contexto e as necessidades para alcançar o bem comum.

Na argumentação de Ponchirolli (2002) a formação de equipes autogerenciáveis é uma forma de se adequar as novas tendências nas empresas que desejam se manter competitivas, já que hoje somente tecnologia não é um diferencial tão grande como no passado, por isso é preciso aumentar o valor da organização de outra forma, ou seja, através do conhecimento e da informação, que estão em seu capital mais valioso, em seus funcionários. E isso é algo que precisa não só ser desenvolvido, mas também estimulado.

Nos pressupostos de Donato (2015) a competência no gerenciamento trata-se de uma inteligência prática, onde o gerente agrega os conhecimentos adquiridos transformados em resultados, de acordo com habilidades e competências. A experiência do gestor quanto mais complexa seja as situações vivenciadas, melhor a possibilidade de agregar ao profissional aprendizado.

O trabalho em equipe é de extrema importância para as organizações, cada indivíduo contribui com suas habilidades para alcançar um objetivo em comum. Luecke (2010, p. 17), define equipe como: “um pequeno número de pessoas com habilidades complementares que são comprometidas com uma meta comum ao qual se considera mutuamente res-

ponsáveis”.

Utiliza-se da argumentação de West (1996) a importância do estudo das equipes aumentou com a evolução das organizações. O aumento do tamanho e da complexidade das organizações e do ambiente em que operam levou à necessidade de criação de estruturas organizacionais cada vez mais complexas e diversas de trabalho em grupo.

Destarte, como caracteriza Marras (2011), o trabalho em equipe é diferente do trabalho em grupo. Ao contrário do que se observa no trabalho em grupo, onde cada integrante executa as tarefas de forma isolada, responsabilizando-se individualmente pela sua própria tarefa, o trabalho em equipe é marcado pela sinergia dos envolvidos, que trabalham em conjunto tendo em vistas o comprometimento com os resultados gerais.

Outras evidências científicas de Puranam *et al.* (2014) uma organização pode ser vista como um sistema constituído de múltiplos atores, com fronteiras identificáveis, e com objetivos e propósitos organizacionais para cujas consecuições é esperado que os esforços dos atores constituintes contribuam.

Equipe não é necessariamente um conjunto pessoas, para ser uma equipe é necessário algo que dê uma identidade, elemento de natureza simbólica que conecte os indivíduos, podendo esses indivíduos estarem perto fisicamente ou não (VERGARA, 2006; KOZLOWSKI, 2006)

As equipes são fortemente influenciadas pelo ambiente que as circunda (TANNENBAUM; SALAS, 2020). No entanto, para Robbins (2005), a comunicação imersa na equipe é vista como algo indispensável para o bom desempenho coletivo do grupo. Ou seja, a sinergia que deve existir entre todos os membros do grupo em um só pensamento, no caso missão e visão da organização, isto induz a liberdade de ação através da comunhão de ideias

Os membros do grupo agem em harmonia, sorrisos e expressões de afeto positivo são abundantes, há concordância em relação a objetivos e procedimentos, o entendimento entre as pessoas é absoluto, a comunicação flui livremente, respeito e confiança mútuos são elevados, consideração e carinho pelos outros são constantes. Quem conhece um grupo assim? Certamente, não habita o planeta Terra (MOSCOVICI, 2002).

De acordo com Robbins e Decenzo (2004), uma equipe de trabalho autogerenciada é um grupo formal de funcionários que opera sem um gerente e é responsável por um processo ou segmento de trabalho completo, que entrega um produto ou serviço para um cliente externo ou interno. Esse tipo de equipe tem um controle sobre o seu ritmo de produção, determina as tarefas e os horários dos intervalos e inspeciona o próprio trabalho. As equipes de trabalho totalmente autogerenciadas selecionam seus integrantes e fazem com que eles avaliem o desempenho uns dos outros.

Outros aspectos apontados por Robbins (2005) embora não exista um modelo de trabalho perfeito, uma das maiores vantagens que o modelo de equipes autogerenciáveis possui é um maior envolvimento do funcionário com o trabalho e um maior comprometimento com a organização, o que gera maior sentimento de valorização pelo emprego, como se ele fosse também dono da empresa, já que participa ativamente das decisões.

Em face dessa contingência, Turner e Haslam, (2014) definem que as organizações são sistemas sociais complexos, caracterizados por uma estrutura social normativa, e composta por diversos subgrupos que, além de possuírem relações sociais estruturadas uns com os outros, apresentam suas próprias dinâmicas, normas, padrões e procedimentos, ou seja, os seus próprios sistemas internos de relações. Dessa forma, os grupos são um elemento formativo imprescindível das organizações.



Observa-se na atualidade que cada vez mais, as empresas querem saber quem é o profissional antes de contratá-lo, devido a esse motivo a crescente aplicação dos testes que mapeiam personalidades, crenças e ética. Partindo deste novo conceito, destacam-se dois fatores de suma importância.

Em primeiro, as qualidades distintivas, que incluem os estoques de cada indivíduo, de conhecimentos e habilidades – viabilizando comportamentos e relacionamentos. Em segundo, os comportamentos e engajamentos efetivos, que, mobilizados por meio de práticas consistentes de Gestão de Pessoas, geram resultados superiores (MASCARENHAS, 2008).

Para que o sucesso seja alcançado, é preciso observar algumas características presentes nas equipes bem-sucedidas, como, por exemplo, compromisso com objetivos compartilhados entre os membros; consenso na tomada de decisões; possuem uma comunicação aberta e honesta; compartilham a liderança; dividem um clima de colaboração, cooperação, apoio e confiança; valorizam os indivíduos pela sua diversidade; veem nos conflitos uma resolução positiva (CHIAVENATO, 2008).

Robbins (2004) afirma que as equipes possuem diferentes necessidades, e as pessoas devem ser selecionadas conforme suas personalidades e preferências. As equipes bem-sucedidas possuem pessoas para desempenharem todos os papéis-chave, de acordo com suas habilidades, e em muitas equipes, indivíduos desempenham múltiplos papéis.

É essencial que o líder esteja sempre atento à manutenção da equipe de trabalho para garantir o sucesso. Ele deve incentivar a conexão dos liderados com a empresa e o grupo, buscando promover o sentimento de pertencimento (BAUMOTTE, 2013). Nesse sentido, estratégias motivacionais podem ser adotadas para manter os colaboradores engajados e desempenhando suas atividades de forma excepcional. Entre essas estratégias, podemos citar a oferta de bonificações, benefícios para capacitação profissional, concessão de licenças, bem como a participação nos lucros da empresa (ERVILHA, 2008).

Tendo em vista as especificidades de Cardozo (2003) o desenvolvimento de equipes requer uma mudança na cultura da organização, nas atitudes dos gestores e nas estruturas de suporte. Especialistas dizem que esse tipo de mudança ocorre aos poucos e leva três anos ou mais e, geralmente, necessitam de níveis de intervenção e treinamento sem precedentes.

Com base nos aspectos supracitados compreende-se que o modelo de equipes autogerenciadas também indica maior motivação dos funcionários. Para Motta (1999), é a autonomia de pensar e agir que aumenta as possibilidades de uma pessoa encontrar sua melhor maneira de contribuir. Assim, existe uma dimensão individual e a sua motivação, ela pressupõe algum grau de liberdade. Sob o ponto de vista organizacional, deve-se considerar: objetivos que mobilizem o indivíduo, carreira, aperfeiçoamento e prêmios individuais e coletivos, necessidades e aspirações individuais.

Por outro lado, Motta (1999) afirma que, na equipe de alto desempenho, seus integrantes devem aprender a lidar com a diversidade. Isso significa que as metas individuais devem dar lugar ao reconhecimento e ao sucesso da equipe. Se a equipe brilhar, o mérito é de todos os seus membros; se a equipe fracassar, a culpa é também de todos.

Nas equipes autogerenciadas prevalece a visão de interdependência dinâmica do poder. Na visão de Johnson e Johnson (2009) compartilha uma série de características com a dinâmica descrita anteriormente: o poder está nos relacionamentos; para o poder existir, deve haver um influenciador e um influenciado; quando duas pessoas interagem, ambas exercem influência uma sobre a outra, mas com intensidades diferentes, ou seja, o poder

é bidirecional e assimétrico.

Segundo Robbins e Decenzo (2004) comentam que o sistema de recompensas da organização precisa encorajar os esforços cooperativos, não os competitivos. Promoções, aumento de salário e outras formas de reconhecimento devem ser dados aos funcionários que sejam membros colaborativos e eficazes da equipe.

Diante disso, Candia (2007) afirma que desenvolver, cultivar e consolidar o espírito de trabalho em equipes autogerenciadas resulta na melhoria do desempenho do trabalho, e que a percepção pelos colaboradores de que sucesso econômico e o desenvolvimento das pessoas ocupam o mesmo nível de prioridade para a organização, alavanca o alto desempenho do indivíduo e da organização.

Logo assim para Cabana e Purser (1998) afirmam que, para isto, os superiores hierárquicos diretos devem evoluir e assumir a função de assegurar a coordenação transversal da empresa, em vez de simplesmente pilotar sua equipe; eles devem proteger suas equipes dos pequenos fatores cotidianos que atrapalham no cumprimento do objetivo principal.

Segundo Baumotte (2013), em equipes de trabalho de alto desempenho, as relações hierárquicas perdem espaços para as relações dialógicas pelo fato de estas assumirem para si a responsabilidade das funções até então atribuídas aos seus gestores, tais como supervisores e gerentes. Com isso, a liderança dessas equipes deverá ocorrer de modo que cada membro tenha sua importância reconhecida, bem como suas atividades a serem organizadas para que as metas sejam alcançadas.

Este tipo de organização incita seus colaboradores a agir como se gerenciassem sua própria empresa. Devem consagrar cada vez mais tempo na definição de orientações claras, negociar objetivos com as equipes, garantir a coerência entre os objetivos estratégicos e a experiência da equipe, e aportar os meios necessários à progressão.

### 3. CONCLUSÃO

Analisando as informações provenientes das pesquisas apresentadas, é viável reconhecer que a formação de equipes autogerenciáveis exige não apenas a presença de indivíduos com habilidades específicas, mas também que a empresa tenha em sua cultura a compreensão e diretrizes para esse tipo de trabalho. Em organizações com uma estrutura hierárquica estabelecida, pode haver conflitos com um modelo de trabalho sem uma figura central responsável.

Esse formato de trabalho está alinhado com a era da Participação e é atraente para a nova geração de colaboradores, que buscam participar das decisões, ser reconhecidos e ter qualidade de vida. Apesar de todas essas vantagens, é importante ressaltar que nem todas as tarefas são adequadas para esse modelo de trabalho e, dependendo da cultura da empresa, pode não trazer os resultados esperados. Em alguns casos, com base no perfil das pessoas envolvidas, pode ser mais eficaz manter uma estrutura hierárquica tradicional.

Além disso, foi observado que na falta de líderes designados, surge a possibilidade de liderança emergente, na qual todo integrante do grupo pode se responsabilizar em diferentes etapas do projeto. O time se auto-organiza para realizar, monitorar e resolver questões. Como as equipes não são temporárias e a auto-organização requer maior envolvimento de cada um nas atividades dos demais, há uma construção de vínculos mais estreitos entre os membros.

Neste contexto, é relevante ressaltar que a postura da empresa inclua inovação, li-



berdade de pensamentos, autonomia e compartilhamento de responsabilidades. E os colaboradores devem estar alinhados com essa cultura, em organizações com estrutura hierárquica rígida e processos definidos, equipes auto gerenciáveis podem encontrar dificuldades devido à incompatibilidade de paradigmas. É importante lembrar que equipes autogerenciáveis não são a solução para todos os problemas e sua implementação deve atender às necessidades específicas do negócio, respeitando a cultura organizacional.

## Referências

- ALBUQUERQUE, J.; OLIVEIRA, J.R. **Líder com mente de mestre: a liderança gerencial aplicada**. Ribeirão Preto, SP: Editora Napoleon Hill, 2010
- ARBIX, G; MIRANDA, Z. **Políticas de inovação em nova chave**. Estud. av., São Paulo, v.31, n. 90, p. 49-73, May 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/137884>. Acesso em março 2024.
- BAUMOTTE, A. C. T.; FONSECA, D. P. D. A.; SILVA, L. H. C. M.; RAJ, **Gerenciamento de pessoas em projetos**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2013.
- CABANA, S., PURSER. R., **The self Mangin organization**, 1998. Disponível em: <http://www.manageris.com/all/goup>. Acesso em:
- CANDIA, M. E. T., **Melhoria de desempenho de equipes com Qualidade Total**, dissertação (mestrado), Taubaté, Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica, 2007.
- CARDOZO, Carla M. **O trabalho em equipe e seus motivadores**. Dissertação de mestrado profissional em Administração. São Paulo: FGV/EAESP, 2003
- CARDOZO, E. (2012). **Mapeamento Sistemático sobre o uso do Autogerenciamento em Equipes de Desenvolvimento de Software**. Pós-Graduação em Ciência da Computação. Centro de Informática. Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/10540>
- CHIAVENATO, Idalberto. (2004). **Comportamento organizacional e dinâmica do sucesso das organizações**. São Paulo, Editora Pioneira Thonson Learning. 4ª Edição.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de Pessoas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175247/4/Texto-baseSEMANA%2001.pdf>. Acesso em: abril 2024.
- COONEY, R. (2004). **Empowered self-management and the design of work teams**. Personnel Review.
- DA SILVA, R. C.; PAVANATO, T. S.; BRITO, O. P. **Diferencial Corporativo para Atração e Retenção de Talentos Y: Uma pesquisa descritiva nas empresas de Londrina**. In: Revista Eletrônica Saber do Instituto de Ensino Superior de Londrina, vol. 14, 2011. Disponível em: . Acesso em: 27 abr. 2012
- DONATO, C. M. M. **Aprendizagem experiencial de gerentes de vendas**. 2015. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2015.
- ERVILHA, A. J. L. **Liderando Equipes para Otimizar Resultados**. São Paulo: Nobel, 2008.
- GASPARETTO, Luiz Eduardo Gonçalves. **Administração do tempo**. Apostila do curso de Desenvolvimento Gerencial da UniFMU, 2007.
- HITT, Michael A.; MILLER, C. Chet; COLELLA, Adrienne. **Comportamento organizacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2013
- JONES.GARETH, R. **Administração Contemporânea [recurso eletrônico]** /Gareth R.Jones, Jennifer .JONES. GARETH,R .Administração Contemporânea[recurso eletrônico]/Gareth R.Jones, Jennifer
- JÚLIO, Carlos Alberto; NETO, José Salibi. **Liderança e gestão de pessoas: autores e conceitos imprescindíveis**. São Paulo: Publifolha, 2002. (Coletânea HSM Management).
- LAPENDA J. T. B.. **Planejamento estratégico e processo decisório**. <URL:<http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/planejamento-estrategico-e-processo-decisorio/64798/>>Acesso em: out.2023.
- MACHADO, Alexandre Sazana. **O papel do líder na formação e desenvolvimento das equipes de alta performance**. 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs\\_online/tcc/pos\\_graduacao/mba\\_gestao\\_financeira\\_e\\_controladoria/2017/asmachado.pdf](https://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs_online/tcc/pos_graduacao/mba_gestao_financeira_e_controladoria/2017/asmachado.pdf)>. Acesso em: março 2024.



Machado, V.T; Silva, F.E; Oliveira, P.R; Cunha, F.A.P; Oliveira, J.P.F; Oliveira, A. B; FILHO, L. C. M.S; FONSECA, J.S. **Equipes autogerenciáveis: Conquistas e desafios**. 2021. Acesso em: Abril de 2024. Disponível em <https://rsdjournal.org/rsd/article/download>.

MASCARENHAS, André Ofenhejm. **Gestão Estratégica de Pessoas: evolução, teoria e crítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

OLIVEIRA, Ana Paula de. **Gestão do conhecimento: estudo dos procedimentos da gestão de conhecimento em uma Universidade Pública**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/919/1/PB\\_EGCF\\_VIII\\_2013\\_03.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/919/1/PB_EGCF_VIII_2013_03.pdf)>. Acesso em: março 2024.

PONCHIROLLI, Osmar. O capital humano como elemento estratégico na economia da sociedade do conhecimento sob a perspectiva da teoria do agir comunicativo. Curitiba: **Rev. FAE**, v.5, n.1, p. 29-42, abr.2002

ROBBINS, S. P., DECENZO, D. A., **Fundamentos de Administração: conceitos essenciais e aplicações**, São Paulo, Prentice Hall, 2004.

ROBBINS, S. P..**Comportamento Organizacional**. 11ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005. Disponível em: [https://admdotunisa.files.wordpress.com/2019/03/robbins\\_2009\\_livro\\_comportamento\\_organiz.pdf](https://admdotunisa.files.wordpress.com/2019/03/robbins_2009_livro_comportamento_organiz.pdf). Acesso em :março 2024.

ROBBINS, Stephen P. **A verdade sobre gerenciar pessoas... e nada mais que a verdade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

ROBBINS, Stephen P.,1943-**Comportamento organizacional/ Stephen P. Robbins**, Timothy A. Judge, Filipe Sobral; [tradução Rita de Cassia Gomes].--14.ed.--São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

ROBBINS, Stephen P.,1943-**Comportamento organizacional/ Stephen P. Robbins**, Timothy A. Judge, Filipe Sobral; [tradução Rita de Cassia Gomes].--14.ed.--São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

ROBBINS, STEPHENS P., TIMOTHY A. JUDGE E FILIPE SOBRAL –**Comportamento Organizacional: teoria e pratica no contexto Brasileiro**. 14º edição, São Paulo: Editora Pearson, 2010.

VIEIRA, Luis Enrique Vadiviezo; SILVA, Renata Borges da; AJALA, Grasiela Rocha. Avaliação e composição de equipes autogerenciáveis. **XII SIMPEP** – Bauru, nov/2005. Disponível em: <[www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_12/copiar/arquivo=vieira\\_le...](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar/arquivo=vieira_le...)>. Acesso em: fev 2024.





# 35

ANÁLISE SWOT NO PLANEJAMENTO E ORGANIZAÇÃO: UM  
ESTUDO ACERCA DESSA FERRAMENTA NAS EMPRESAS  
SWOT ANALYSIS IN PLANNING AND ORGANIZATION: A STUDY  
ON THIS TOOL IN COMPANIES

Ana Karoline Silva de Oliveira

## Resumo

Presente nos mais diversos setores da organização, o planejamento visa elaborar estratégias e definir como elas podem ser alcançadas, fazendo com que a empresa reconheça sua situação atual e faça uma projeção de futuro. O planejamento direciona e norteia todo o processo administrativo das organizações, e a análise SWOT corroborar para que este objetivo seja alcançado, tendo em vista que esta ferramenta contempla uma análise sistemática de perspectivas internas e externas de uma empresa, aplicando os desafios a partir de suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. Nesse sentido, o trabalho em questão propõe uma pesquisa onde o tema busca explanar a importância da análise SWOT nas organizações. Trata-se de um estudo descritivo, qualitativo, que foi realizado através de revisão bibliográfica. Conclui-se que a utilização da matriz FOFA no ambiente organizacional é de extrema importância, já que a partir dos dados apresentados é possível melhorar os processos organizativos da empresa.

**Palavras-chave:** Análise SWOT. Planejamento e Organização. Empresas.

## Abstract

Present in the most diverse sectors of the organization, planning aims to develop strategies and define how they can be achieved, making the company recognize its current situation and make a projection for the future. Planning acts like a GPS, and SWOT is like the pointer that will ensure that this objective is achieved, considering that the SWOT analysis contemplates a systematic analysis of internal and external perspectives of a company, applying the challenges from its strengths, weaknesses, opportunities and threats. In this sense, the work in question proposes a research where the theme seeks to explain the importance of the correct application of SWOT Analysis. This is a descriptive, qualitative study, which was carried out through a literature review. It is concluded that the correct application of the SWOT Matrix in the organizational environment is extremely important, since based on the data presented it is possible to carry out an action plan for continuous improvement.

**Keywords:** SWOT Analysis. Planning and Organization. Companies.



## 1. INTRODUÇÃO

A Análise SWOT é um sistema de análise simples desenhado para localizar ou verificar a posição estratégica de uma determinada empresa em seu ramo de atividade. Pela sua simplicidade, pode ser utilizado para realizar qualquer tipo de programa ou análise de ambiente, desde a criação de um *website* até a gestão de empresas multinacionais.

A ferramenta é excelente para que se desenvolva ou compreenda uma situação, organização ou processo decisório em todos os níveis do negócio. A realização e execução de uma análise SWOT pode ser demasiadamente simples, entretanto, seus maiores indicadores estão da sua flexibilidade e experiente aplicação.

A análise SWOT surgiu no ambiente acadêmico, entre as décadas de 1660 e 1670, foi elaborada pelo estadunidense Albert Humphrey que desenvolvia um projeto de pesquisa para universidade de Stanford. A sigla SWOT significa *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats* (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças). É uma ferramenta bastante útil em estudos do ambiente interno e externo da empresa, bem como as oportunidades e ameaças, pois com auxílio dela é possível identificar os pontos fracos e fortes da organização. Desta forma, surge a seguinte problemática: Qual a relevância da análise de SWOT no planejamento e operacionalização nas empresas?

Estudar sobre análise SWOT na conjuntura do planejamento e operacionalização nas empresas, torna-se pertinente na contemporaneidade, tendo em vista que essa ferramenta desvela elementos necessários para identificar o mercado e/ou o negócio que a empresa está inserida. É importante explicitar que um planejamento, bem como a operacionalização são dimensões imprescindíveis para o sucesso do empreendimento e de suas estruturas financeiras, as metas e objetivos que desejam ser alcançados, compreendendo as especificidades do mercado externo e seus desdobramentos no cenário interno da empresa.

Assim, a pesquisa é relevante, uma vez que pretende ampliar as discussões acerca da importância na análise SWOT no contexto da empresa. Compreende-se que é através da construção do conhecimento e dos debates na seara acadêmica, que se torna possível incentivar leitores e pessoas no que tange a aplicação de ferramentas capazes de promover melhor organização e operacionalização nas empresas. Logo, a pesquisa se mostra pertinente.

Portanto, a pesquisa teve como objetivo geral estudar os benefícios da aplicação da análise SWOT nas empresas. Quanto aos objetivos específicos, a pesquisa propõe-se: abordar sobre organização e operacionalização; caracterizar o método de análise SWOT; e por fim, compreender os benefícios da análise SWOT no planejamento e operacionalização nas empresas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

O estudo seguiu os princípios de uma revisão bibliográfica. Através deste tipo de pesquisa, foi possível levantar a literatura necessária para a análise e compreensão da temática proposta. Nesse sentido, o presente estudo foi de cunho qualitativo, a fim de analisar de forma crítica e subjetiva a pesquisa em questão.

As buscas foram realizadas na base de dados da *Scientific Electronic Library Online* – SCIELO, Google Acadêmico e em Revistas Eletrônica de Engenharia de Produção, documentos disponibilizados em sites institucionais, que possibilitaram a coleta de informações necessárias através de artigos e periódicos disponibilizados. Deste modo, foram selecionadas pesquisas publicadas nos últimos dez anos, escritas no idioma português, com os seguintes descritores: análise SWOT, empresas; planejamento e operacionalização.

No tocante a coleta de dados, foi pertinente a leitura exploratória de todo o material utilizado e leitura seletiva, a fim de buscar informações mais específicas e particularizadas sobre a temática, além de analisar os registros de informações obtidos nos artigos selecionados, como por exemplo, os resultados e discussões encontrados. No que tange a interpretação e análise dos resultados, destaca-se que a pesquisa foi submetida a uma leitura analítica.

## 2.1 Resultados e Discussão

De acordo com Chiavenato (2017) o planejamento dá resultado porque tem um conhecimento amplo do negócio. Organizações que não têm planejamento são aquelas que abrem as portas pela manhã e apenas esperam acontecer. Uma empresa com planejamento e criatividade é uma empresa que pode ser pesquisada a qualquer momento. Porém, não basta ter só planejamento, é preciso saber executá-lo. Outro ponto é reconhecer que a organização possui diversos tipos de planos, que são importantes em seus respectivos ramos. O fato é que todos devem estar integrados para atender às necessidades do negócio.

Nesta mesma perspectiva, Oliveira (2020) explica que o planejamento compõe os aspectos de gestão empresarial, uma vez que se torna uma ferramenta pertinente para o desenvolvimento eficiente e seguro de um negócio. Considera-se que o planejamento faz parte de uma dinâmica estrutural e organizacional de uma empresa, pois determina as diretrizes e processos estratégicos, a fim de buscar o alcance de objetivos e metas no ambiente institucional

Por ser uma ciência, o planejamento também possui um número infinito de conceitos. Segundo Assunção (2015, p. 328), planejamento é igual ao “ato ou efeito de planejar, elaborar por etapas, como bases técnicas; planificações”. Conforme Corrêa (2021, p.98), é um “processo administrativo e sistemático para atingir um objetivo proposto”. Outro pensamento, segundo Fernandes (2020, p.98), o planejamento é como “processo de elaborar o plano, que é o documento escrito: portanto, planejamento é a ação, enquanto o plano é o resultado”, ou seja, considerando que cada autor diverge em alguns pontos sobre o conceito exato de planejamento, pode-se considerar a concordância deles de que ele é como a ideia ou expressão do pensamento em algo físico (MARTINS, 2017).

De acordo com Lopes (2017) o planejamento inclui identificação, análise, estrutura, coordenação de tarefas, objetivos, metas, desafios, estratégias, políticas internas e externas, planos, projetos e atividades para alcançar o desenvolvimento mais eficiente e eficaz, tanto quanto possível focando em energia e recursos. Nesse sentido, contempla também as perspectivas de missão, visão e princípios de uma empresa, ou seja, alinha-se com as normas e não subsiste sem a presença da identificação empresarial. Desta forma, não existe a possibilidade de planejamento, sem definir esses aspectos.

É nesta perspectiva que torna-se relevante a utilização da ferramenta SWOT. De acordo com Hofrichter (2017) a sigla SWOT significa respectivamente: Forças, Fraquezas, Ame-





aças e Oportunidades, assim, a análise SWOT examina todos esses fatores para determinados projetos, negócios ou objetivos pessoais. A meta inicial é fixar um objetivo principal e, e logo após, usar a Matriz para definir quais fatores externos e internos podem dificultar ou apoiar esse objetivo. As oportunidades e ameaças constituem os fatores externos que afetam a organização ou indivíduo, já as forças e fraquezas representam os fatores internos.

Para o referido autor, quando bem elaborada, uma SWOT auxilia na medição dos riscos e recompensas, simultaneamente, e identifica os principais fatores relacionados com a realização do objetivo, quanto mais precisa ela é, mais simples se torna criar um plano de ação geral para alcance das metas (HOFRICHTER, 2017).

Assim, a análise SOWT permite a empresa conhecer e identificar os processos pertinentes para a minimização de fatores que promovam riscos à gestão e produção, além de facilitar a apreensão de fatores estratégicos e técnicas operativas a fim de fortalecer a empresa em questão (OLIVEIRA, 2019).

Segundo Oliveira (2019) Alguns dos principais objetivos da Análise SWOT são: a) efetuar síntese das forças internas e externas; b) identificar itens para organizar toda a gestão, isso implica no estabelecimento de prioridades para a atuação; c) preparar ações estratégicas: problemas e riscos que deverão ser resolvidos; d) a partir da SWOT conseguir o diagnóstico da empresa, indicações dos pontos a serem melhorados, fortalecer os pontos positivos, chances de crescimento visando a aumento de oportunidades etc.; e) fazer previsões de vendas conforme as condições do mercado e capacidades gerais da empresa; f) ambiente interno (Forças e Fraquezas) – padronização e integração dos processos, eliminar as distrações e focar nas atividades principais; g) ambiente externo (ameaças e oportunidades) – confiança nos dados e decisão estratégica na redução de erros com apoio das informações e da gestão estratégica.

Assim, a análise SOWT permite a empresa conhecer e identificar os processos pertinentes para a minimização de fatores que promovam riscos à gestão e produção, além de facilitar a apreensão de fatores estratégicos e técnicas operativas a fim de fortalecer a empresa em questão (OLIVEIRA, 2019).

O ambiente externo consiste em fatores que existem fora dos limites da organização e, de alguma forma, eles exercem influência sobre isso. Este é um ambiente no qual não há controle, mas deve ser continuamente monitorado, pois é uma base de planejamento estratégico (CARVALHO, 2015).

Ainda na esteira de pensamento de Nascimento (2016) a análise do ambiente externo é comumente dividida em fatores ambientais macro (políticos, demográficos, tecnológicos, econômicos etc.) e micro fatores ambientais (fornecedores, parceiros, consumidores etc.) que devem ser constantemente acompanhados, antes e depois da definição de estratégias da empresa.

Desta forma, através deste acompanhamento, será possível identificar prontamente as oportunidades e ameaças que surgem. Finalmente, se considerarmos que os fatores externos afetam todas as empresas que trabalham no mesmo mercado homogêneo, pode-se dizer que apenas aqueles que podem melhorar melhor as mudanças e ter agilidade para se adaptar é que eles poderão melhor aproveitar as oportunidades menor quantidade de danos e ameaças (MORGADO; PINHO, 2017).

Há várias maneiras de representar graficamente uma matriz FOFA, tal como mostra a Figura 1:

|           |               |               |                                       |
|-----------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| Positivas | Internas      |               | Negativas ou potencialmente negativas |
|           | Pontos Fortes | Pontos Fracos |                                       |
|           | Oportunidades | Ameaças       |                                       |
|           | Externas      |               |                                       |

Figura 1. Representação matriz SWOT

Fonte: Hofrichter (2017, p. 03)

A elaboração da matriz SWOT, possibilita facilitar em forma de tabela e/ou planilha a compreensão dos componentes de análise. Ao determinar os fatores internos e externos e seus aspectos, é necessário que a empresa busque relacionar com o ambiente que a empresa se propõe atuar e organizar esses fatores para melhor apreensão e entendimento dos dados (HORFRICHTER, 2017).

Na Figura 2, observa-se a representação da matriz SWOT em forma de planilha, objetivando abordar os elementos necessários para a organização da empresa:

|                      |                                                     |                                                              |
|----------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|                      | <b>Pontos Fortes</b>                                | <b>Pontos Fracos</b>                                         |
| <b>Oportunidades</b> | <b>Ofensivo -<br/>fazer o melhor uso destes</b>     | <b>Defensivo -<br/>examinar de perto os<br/>concorrentes</b> |
| <b>Ameaças</b>       | <b>Ajustar -<br/>restaurar os<br/>pontos fortes</b> | <b>Sobreviver -<br/>dar a volta</b>                          |

Figura 2. Representação matriz SWOT

Fonte: Hofrichter (2017, p. 04)

Assim, os pontos fortes e os pontos fracos tendem a mensurar a dinâmica da empresa, a partir das oportunidades e ameaças. A partir dessa análise, o administrativo perceberá a necessidade de oportunizar as situações, bem como perceber de forma crítica e analítica os concorrentes. Ainda, irá detectar as ameaças, a fim de minimizar riscos e conseguir contorná-los e/ou superá-los (HORFRICHTER, 2017).

A seguir, na Figura 3 uma representação da matriz de supervisão, considerando os aspectos construtivos da análise SWOT, a partir de uma perspectiva analítica e de compreensão:

|                                                                                  | POSITIVA/ ÚTIL<br>para atingir a meta                                                                                                                     | NEGATIVA/ PREJUDICIAL<br>para atingir a meta                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Origem INTERNA<br>fatos/ fatores da<br>organização                               | <b>Pontos Fortes</b><br>As coisas boas de hoje<br>deverão ser mantidas,<br>servir de base para<br>que se construa sobre<br>elas e usadas como<br>alavanca | <b>Pontos Fracos</b><br>As coisas más deverão<br>ser corrigidas, mudadas ou<br>interrompidas                                  |
| Origem EXTERNA<br>fatos/ fatores<br>do ambiente<br>em que opera a<br>organização | <b>Oportunidades</b><br>As coisas boas para<br>o futuro, deverão<br>ser priorizadas,<br>capturadas, servir<br>de base para que se                         | <b>Ameaças</b><br>As coisas más para o futuro<br>deverão constar dos planos<br>para que sejam gerenciadas ou<br>neutralizadas |

Figura 3. Matriz de supervisão

Fonte: Hofrichter (2017, p. 05)

Nesse sentido, a Matriz FOFA é um feita a partir de um processo de identificação onde são apresentados as forças e vulnerabilidades (onde se deve atacar ou defender). O resultado de todo esse processo é um plano de atuação ou plano de ação. Há várias maneiras de realizar essa análise, podendo ser feita em serviços, produtos, empresas e até mesmo em um indivíduo (CALICCHIO, 2020)

O processo de realização da análise SWOT é sempre o mesmo, começa com a condução de entrevistas e organização de grupos para discutir ideias, preparando as perguntas referentes ao produto ou empresa que se está analisando. Logo depois, é hora de preparar uma lista de todas as oportunidades existentes no futuro, e, todas as ameaças que possam vir a existir. Tendo isso em mãos, chega a hora de criar um plano de ação para abordar cada uma das quatro áreas: Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (CALICCHIO, 2020)

O ambiente interno da empresa é feito de uma série de recursos humanos, financeiros e físicos, em particular, os que podem praticar mais controle, porque são o resultado de estratégias definidas na direção. Nesse ambiente, é possível determinar as forças que atendem aos recursos e funções que se transformam em uma vantagem competitiva para a empresa em relação aos seus concorrentes (OLIVEIRA, 2019).

Já as fraquezas, que são as deficiências apresentadas pela empresa em comparação com seus concorrentes atuais ou potenciais. Portanto, pontos fortes e fracos estão dentro dos limites de sua empresa, e é dentro desses limites que ocorre manipulação e o gerenciamento estratégico, com controle de cada fator (OLIVEIRA, 2019).

Nessa perspectiva, Fernandes (2020) pontua que é importante que as empresas determinem de forma técnica e estrutural, as dimensões externas e internas de seu processo organizacional e de planejamento, uma vez que esses aspectos da análise SOWT possibilitam reconhecer as limitações e o cenário que está se encontra. Para tanto, torna-se neces-

sário identificar os fatores que venham tanto contribuir quanto prejudicar a organização e estrutura da empresa.

De acordo com Hofrichter (2017), o processo apresenta informações e dados relevantes para alcançar as metas, mas nota-se que é apenas uma coleta de dados, a análise em si é apresentada pelos seguintes itens: a) pontos fortes: todos os atributos positivos, tantos os tangíveis quanto os intangíveis, internos dentro de uma organização e que estão sobre o controle da mesma; b) pontos fracos ou fraquezas: fatores que apesar de estarem sobre controle da organização, ainda sim ameaçam sua capacidade de atingir a meta.

Assim, o diagnóstico de fraqueza deve ser realizado a fim de detectar uma fragilidade na empresa que venha prejudicar a dinâmica da empresa e sua perspectiva organizacional. Em suma, as oportunidades são situações que ao serem aproveitadas de forma adequada e sistematizada, podem corroborar no bom desenvolvimento da empresa, em especial, no que se refere ao alcance de objetivos e metas (SOUSA, 2021).

As ameaças referem-se aos fatores negativos externos que estão fora do controle da organização e ameaçam colocar em risco toda a operação e gestão (HOFRICHTER, 2017). Assim, “pode envolver produto substituto, legislação rigorosa, competidor forte, mercado seletivo, alteração na legislação instabilidade institucional, macroeconomia fragilizada, integração da cadeia por parte de clientes e fornecedores, entre outros” (VIEIRA, 2020, p. 63). Nesse sentido, as ameaças podem prejudicar o alcance de objetivo e o desenvolvimento empresarial.

Todos esses aspectos descritos em uma análise SOWT devem estar de acordo com a realidade do mercado e com o cenário social que a empresa se encontra, uma vez que este processo é imprescindível em detectar fatores internos e externos que afetam diretamente, seja de forma positiva ou organizativa, o processo organizacional de um negócio (JUNIOR, 2020; SOUSA, 2021).

As principais utilidades dessa ferramenta são: permitir um estudo mais aprofundado das situações interna e dos aspectos externos que podem vir a ameaçar o crescimento da organização; possibilitar uma análise criteriosa da concorrência; indicar possíveis ações que deverão ser tomadas; a matriz FOFA ou análise SWOT é facilmente ser executada por empresas de grande, médio ou pequeno porte, dada a sua enorme praticidade e facilidade de aplicação, ou seja, tem o mesmo peso tanto uma Análise SWOT de um pequeno negócio como o de uma grande multinacional (TEIXEIRA; ALONSO, 2018).

Deste modo, é uma ferramenta que tem a possibilidade de aplicação em todos os processos que envolvam a tomadas de decisão, além de caracterizar-se como uma importante esfera metodológica de estratégia, tendo em vista que todos os dados analisados e abordados são de grande valia para o processo administrativo de um negócio, onde são considerados perspectivas internas e externas pertinentes ao desenvolvimento e eficiência da instituição (SILVA *et al.*, 2023).

### 3. CONCLUSÃO

Matriz SWOT e planejamento são conceitos bastante utilizados na área de gestão. O autoconhecimento é essencial na tomada de decisões, e quando se trata do ambiente organizacional, o processo não diverge. Organizações e indivíduos necessitam de confiança para seguir em seus processos e produtos, e para isso, faz-se necessário a análise de diversos aspectos fundamentais para se chegar em um resultado satisfatório.

É nesse contexto que se encaixam ferramentas que auxiliam na execução do



planejamento estratégico a análise SWOT. Esta última trata-se de uma ferramenta utilizada para melhorar e complementar o planejamento através de análises e levantamentos de dados. No entanto, para que isto seja possível, é necessário que o profissional respeite e conheça detalhadamente a ferramenta, bem como o ambiente interno e externo da organização.

Portanto cabe ao profissional responsável pela aplicação e execução da matriz SWOT, levantar o maior número de dados e informações, tais como forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, com objetivo de ter uma visão mais ampla do cenário geral da empresa. Nesse sentido, destaca-se a importância de uma análise contínua acerca da temática proposta, considerando que todos os aspectos e fatores abordados em uma análise SWOT são pertinentes para os desdobramentos de uma empresa.

Abordar a importância da análise SWOT sob a perspectiva do desenvolvimento de um negócio é necessário aos dias atuais, uma vez que inúmeros fatores estão associados ao mal desempenho de um negócio, bem como o seu fechamento. Esse fato se dá através da falta de um planejamento sistemático e organizativo, além da falta de análise do cenário em que a empresa pretende atuar. Assim, é imprescindível ampliar o debate acerca desse estudo, compreendendo a importância do processo de organização e de uma análise acerca da dinâmica empresarial.

## Referências

- CALICCHIO, Stefano. **A análise SWOT em 4 etapas**: Como utilizar a matriz SWOT para fazer a diferença na carreira e nos negócios. 1. ed. Rio de Janeiro. Revolução Ebook, 2020.
- CHIAVENATO, Idalberto; SAPIRO, Arão. **Planejamento Estratégico**: fundamentos e aplicações. 1. ed. 13ª tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- CORRÊA, Henrique L. **A história da gestão de produção e operações**. 2021. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/39733852\\_A\\_Historia\\_da\\_Gestao\\_de\\_Producao\\_e\\_Operacoes](https://www.researchgate.net/publication/39733852_A_Historia_da_Gestao_de_Producao_e_Operacoes)> Acesso em: 24 maio. 2021.
- FERNANDES, Djair Roberto. **Uma Visão Sobre a Análise da Matriz SWOT como Ferramenta para Elaboração da Estratégia**. 2020.
- HOFRICHTER, Markus. **Análise swot: quando usar e como fazer**. 1. ed. Porto Alegre. Revolução Ebook, 2017.
- LOPES, Samuel C. et al. **Administração estratégica**. 2. ed. São Paulo: Person, 2017.
- MARTINS, Leandro. **Marketing**: Como se tornar um profissional de sucesso. 1. ed. São Paulo: Digerati Books, 2016.
- MARTINS, Marcos Amâncio P. **Gestão Educacional**: planejamento estratégico e marketing. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2017.
- MORGADO, A. C; PINHO, F. **Planejamento estratégico**: vantagens e desvantagens do planejamento estratégico. 2017.
- OLIVEIRA, Alex. Matriz SWOT: **Guia Completo e Simples 2019 Para Fazer a Sua**. Disponível em <<https://www.sbcoaching.com.br/matriz-swot/>> Acesso em 24 abr. 2024.
- OLIVEIRA, Djalma P. R. **Planejamento estratégico**: conceitos, metodologia, práticas. 24. ed. São Paulo: Atlas, 2020.
- PÔNCIO, Rafael José. **O que é Planejamento**. Disponível em <<https://administradores.com.br/artigos/o-que-e-planejamento>> Acesso em: 02 de abr. de 2024.
- SILVA, A.; RORATTO, L.; SERVAT, M. E.; DORNELES, L.; POLACINSKI, E.; **Gestão da qualidade**: aplicação da ferramenta 5W2H como plano de ação para projeto de abertura de uma empresa. In: Semana Internacional das Engenharia de Fator (SIEF), III, 2013, Horizontina, RS. Anais... Horizontina, RS, 2023.
- SOUSA, A. **Utilização da Matriz SWOT como Ferramenta Estratégica**: um Estudo de Caso em uma Escola



de Idioma de São Paulo. In: Simpósio de excelência em gestão e tecnologia (SEGeT), VIII, 2011, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro, RJ, 2021.

TEIXEIRA, C. A.; ALONSO, V. L. C.; **A Importância do Planejamento Estratégico para as Pequenas Empresas.** In: Simpósio de excelência em gestão e tecnologia (SEGeT), XI, 2014, Rio de Janeiro, RJ. Anais... Rio de Janeiro, RJ, 2018.

VIEIRA, R. R. S. et al. **Análise da matriz SWOT e matriz BCG como ferramenta estratégica no setor farmacêutico de Mossoró/RN.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP), XXXIII, 2021, Salvador, BA. Anais... Salvador, BA, 2021.





# 36

A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO DE CONTROLE DE  
ESTOQUE EM MICRO E PEQUENAS EMPRESAS  
THE IMPORTANCE OF INVENTORY CONTROL PLANNING IN  
MICRO AND SMALL COMPANIES

Manuela Galana

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo estudar acerca importância da gestão de planejamento de estoques em micro e pequenas empresas. Entende-se que a gestão de estoques, bem como o controle, é de suma importância para a eficiência da produtividade e organização das micro e pequenas empresas. Para tanto, a pesquisa seguiu os princípios de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, no qual contemplou artigos e estudos que abordassem a temática, disponíveis na base de dados do Google Acadêmico, no idioma português, datados de 2015 a 2021. Ressalta-se também que as micro e pequenas empresas precisam investir em uma gestão, especialmente por se tratar de empreendimentos que assumem um espaço no mercado consumidor significativo. Logo, compreendeu-se que a atuação de um departamento de gestão de estoque promove/pro-moverá redução de custos e melhores resultados frente ao mercado competitivo, uma vez que minimizará gastos desnecessários e uma produção equivalente as demandas.

**Palavras-chave:** Controle de Estoques. Gestão de Estoques. Micro e pequenas empresas.

## Abstract

The present work aimed to study the importance of inventory planning management in micro and small companies. It is understood that inventory management, as well as control, is of paramount importance for the efficiency of productivity and organization of micro and small companies. To this end, the research followed the principles of a bibliographical review with a qualitative approach, which included articles and studies that addressed the topic, available in the Google Scholar database, in the Portuguese language, dated from 2015 to 2021. It is also worth highlighting that micro and small companies need to invest in management, especially as they are enterprises that occupy a significant space in the consumer market. Therefore, it was understood that the performance of an inventory management department promotes/will promote cost reduction and better results in the competitive market, as it will minimize unnecessary expenses and produce production equivalent to demands.

**Keywords:** Inventory Control. Inventory Management. Micro and small companies.



## 1. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade, todos os segmentos de mercado são concorridos, evidenciando a importância das empresas se sobressaírem à concorrência, assim, estratégias são buscadas. Logo, torna-se necessário a busca por um sistema de gestão eficiente contribui para que as empresas possam ser mais dinâmicas em termos administrativos e de produção, de modo que os sistemas de gestão podem ser considerados como ferramentas eficientes no atual mercado.

Deste modo, as empresas vêm se adequando continuamente no sentido de ampliar e aplicar formas de gestão a fim de atender as exigências legais, bem como das necessidades dos clientes, tanto no contexto da produção quanto na disponibilidade de mercadorias e prestação de serviços de qualidade. Destarte, para não se perder tempo e nem desperdiçar recursos, o gestor deve considerar as oportunidades que o mercado proporciona e auferir sucesso nos investimentos, assim, a otimização na circulação de mercadorias é importante, ou seja a gestão de estoque torna-se um fator relevante e imprescindível para a dinâmica organizacional.

Logo, torna-se de suma importância ampliar as discussões na seara acadêmica. Assim, a pesquisa é relevante uma que vem pretender ampliar as discussões acadêmicas e científicas sobre a necessidade de um planejamento estratégico de estoques em pequenas empresas. Portanto, entende-se que a falta de planejamento de estoque de micro e pequenas empresas é uma realidade pertinente, uma vez que não adotam uma ferramenta de gestão de estoque ou quando utilizam alguma forma de controle não o faz de forma eficaz, apresentando com isso, dados insuficientes ou falsos do estoque.

Sabe-se que é muito importante o controle de estoque em pequenas empresas, haja vista suas tendências de evolução e desenvolvimento no mercado consumidor. Diante da necessidade de uma melhoria no planejamento de gestão de estoque, este trabalho irá responder a seguinte questão: Qual a importância das ferramentas de planejamento de gestão de estoque visando a atuação das micro e pequenas empresas?

Abordar sobre a importância da aplicação do planejamento de estoque em micro e pequenas empresas torna-se pertinente na contemporaneidade, tendo em vista que o planejamento estratégico visa assumir padrões decisivos para o direcionamento das atitudes da organização em relação ao seu plano, de modo a proporcionar uma previsão acerca do futuro da empresa, independentemente do seu porte. As técnicas do planejamento estratégico visam mostrar a aplicação na empresa, mapeando cada setor e colocando na prática o planejamento operacional.

A pesquisa é relevante uma vez que pretende ampliar as discussões acadêmicas e científicas sobre a necessidade de um planejamento estratégico de estoques em pequenas empresas. As micro e pequenas empresas, embora configurem-se como empresas de constituições simples, o processo de gestão dos setores que a compõem não é menos relevante do que uma empresa de porte maior, ou seja, os objetivos dela no mercado são os mesmos que qualquer outra empresa, portanto, as racionalizações de suas atividades são semelhantes e de crucial importância.

Portanto, entende-se que a falta de planejamento de estoque de micro e pequenas empresas é uma realidade pertinente, uma vez que não adotam uma ferramenta de gestão de estoque ou quando utilizam alguma forma de controle não o faz de forma eficaz, apresentando com isso, dados insuficientes ou falsos do estoque. uma das consequências

desta ausência de controle é o de não haver a possibilidade de conferência do consumo real dos materiais ou mercadores conforme a real necessidade, assim, o não conhecimento do consumo médio dos materiais compromete a aquisição deles, bem como a aplicação aprimorada de capital de giro, e, portanto, todo o processo de produção da empresa. Assim, a pesquisa pretende fomentar os estudos acerca desta temática, de modo a viabilizar maiores elucidações sobre a temática.

Assim, a pesquisa teve como objetivo geral estudar acerca importância da gestão de planejamento de estoques em micro e pequenas empresas. Quanto aos objetivos específicos, a pesquisa propõe-se: conceituar micro e pequenas empresas; abordar sobre planejamento estratégico em gestão de estoque; e por fim, discorrer sobre a importância da gestão de estoque em micro e pequenas empresas.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A pesquisa tratou-se de uma revisão bibliográfica com abordagem qualitativa, uma vez que pretenderá utilizar artigos e dissertações disponibilizados na base de dados do Google Acadêmico e em Revistas Eletrônicas de Engenharia de Produção, com os seguintes descritores: “planejamento e gestão de estoque”; “planejamento estratégico”; “micro e pequenas empresas”.

Para seleção dos artigos, foram definidos como critérios de inclusão: artigos e literaturas publicadas na língua portuguesa no período entre 2015 e 2022, disponíveis para leitura e download na versão completa e que atendem a temática proposta. Para os critérios de exclusão, foram definidos como: estudos e documentos publicados em idiomas estrangeiro (inglês, espanhol etc.) e fora do período escolhido (com exceção de livros e legislações), indisponíveis na versão completa ou incompletos, estudos que não correspondiam aos objetivos propostos e publicações duplicadas.

### 2.1 Resultados e Discussão

De acordo com a Resolução 94/2012 do Comitê do Simples Nacional, Microempresas configuram-se como empresas simples. Assim, caracteriza-se a pessoa jurídica, aquela que tenha auferido no ano-calendário a receita bruta igual ou inferior a R\$ 360 mil; e Empresa de Pequeno Porte a que tenha auferido a importância no ano-calendário e receita bruta entre R\$ 360 mil e igual ou inferior a R\$ 3.600 milhões (BARBOSA; GÓES; BRITO, 2015).

As empresas que contemplam estas especificidades são regulamentadas pelo Estatuto Nacional das Microempresas e das Empresas de Pequeno Porte, sendo instituída pela Lei Complementar 123/2006, que elencou regras inerentes ao tratamento distinto e prerrogativas direcionadas as estas empresas. Destaca-se ainda, que a referida Lei passou por modificações, sendo a mais recente a LC 139/2001 denominada de Lei geral das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte. (BARBOSA; GÓES; BRITO, 2015).

Na contemporaneidade as micro e pequenas empresas são fundamentais para a manutenção na economia brasileira, especialmente, no sentido de geração de renda e emprego, estas também são as que mais têm mortalidade precoce, em virtude de problemas financeiros, ausência de planejamento e controle de suas atividades (SEBRAE, 2025).

É nesta perspectiva que se materializa o empreendedorismo, ou seja, na atuação e





ação de uma micro e pequena empresa. Etimologicamente, a palavra empreendedorismo, origina-se do francês, *entrepreneur*, imbricada à outras expressões, como o *entrepreneurship*, oriunda do inglês, e ao sufixo *ship*, que significa habilidade e/ou liderança. Já na língua portuguesa, a palavra empreendedorismo surgiu a partir do século XVI (BARRETO, 2008, p. 190). Esta palavra esteve relacionada desde a Idade Média, no tocante a assumir responsabilidades do comércio local, bem como as atividades e produções comerciais (BECKER; LACOMBE, 2023).

No tocante às definições, destaca-se que a longo do tempo, sua concepção foi se desenvolvendo a partir das percepções midiáticas e da própria globalização, que corroborou para a difusão e ampliação das definições de empreender. Segundo o arcabouço teórico de Druker (2015, p.18), “o empreendedorismo é um fenômeno mundial, tanto nos aspectos culturais, econômicos e tecnológicos, que alinha-se à novas perspectivas de inovação dos negócios”.

À vista disso, o ato de empreender surge a partir da ideia de um ou mais indivíduos em criar oportunidades de abertura de um negócio que venha atender demandas específicas, analisando o contexto social, político, econômico e demográfico e objetivando gerar valor econômico. Nesse sentido, o empreendedorismo surge a partir de necessidades encontradas por esses indivíduos, que irão desenvolver métodos e estratégias, a fim de propiciar transformações sociais e/ou econômicas na sociedade em que vivem (BARON; SHINE, 2021).

Na contemporaneidade, o empreendedorismo desenha-se como uma ferramenta imprescindível para o desenvolvimento econômico das nações, influenciando diretamente nos cenários políticos e/ou ideológicos, e, portanto, históricos. Deste modo, os agentes fomentadores do empreendedorismo, ou seja, os empreendedores, são peças transformadoras do social, tendo em vista que são participes dos cenários de mudanças, uma vez que estabelecem novas relações comerciais, de trabalho, tanto no processo de geração de economia quanto de emprego. Contribuem também, para a ampliação de novos conceitos sobre empreendedorismo, já que rompem com paradigmas outrora construídos culturalmente (DORNELAS, 2018).

É pertinente esboçar que, o conceito e definição de empreendedorismo não é estático, uma vez que seus desdobramentos em sociedade dependem dos cenários e contextos sociais, econômicos e políticos. Destarte, existem três abordagens que identificam o empreendedorismo, a partir de análises conjecturais. A primeira, trata-se da análise comportamental dos empreendedores, definindo suas características e perfis predominantes. Essa análise é oriunda dos estudos behavioristas das décadas de 1970 e 1980, que se dedicavam em descrever essas características.

De acordo com o Sebrae (2015), os principais fatores para o sucesso de um empreendimento associado às micros e pequenas empresas, são: a) Habilidades Gerenciais: refere-se à capacidade do empresário em interacionar com o segmento em que atua e a competência de gerir o seu negócio; b) capacidade empreendedora: ter em sua essência predicativos como criatividade, perseverança e a coragem de assumir riscos; c) logística Operacional: ter na estrutura organizacional as estruturas para a sustentação e desenvolvimento do empreendimento.

Evidencia-se então que todos estes aspectos estão ligados às ações do empreendedor e não, necessariamente ao mercado, especialmente acerca de sua relação a ele. Logo, é de suma importância que o empreendedor assuma comportamentos que promovam à saúde de sua empresa. Muitas vezes ocorrem situações-problemas na empresa e estas situações acontecem por puro desconhecimento de quantitativos de produções e esto-

ques, assim, ter conhecimento destas especificidades se torna fundamental, uma vez que, com a correta aplicação delas se tem as bases que servem para orientar a administração da empresa.

Nessa perspectiva, o estoque desvela-se como uma ferramenta capaz de fomentar o diferencial do empreendimento diante do seu concorrente, potencializando as vantagens competitivas da empresa. Ainda, destaca-se que o estoque tem função reguladora de garantir disponibilidade e segurança de preços (CÔRREA *et al.*, 2021).

É importante enfatizar também que o estoque não tem somente a finalidade de manter-se para a demanda sazonal de um único produto, mas dinamizar o processo de comercialização da empresa, ou seja, de prever possíveis flutuações na demanda de um dado produto e estudar a viabilidade de secundar ou reduzir a aquisição ou fabricação; controlar as entregas dos fornecedores, por motivos de demora, entre outros elementos (SIMAS, 2017).

Assim, é necessário que a empresa disponha de uma gestão de estoques eficaz e eficiente que contribua diretamente para a satisfação de seus clientes, e, portanto, possibilitando maior satisfação dos clientes frente as demandas da empresa. Desta forma, compreende-se que a eficiência no controle de estoque deve ser preconizada no âmbito administrativo e organizativo da empresa, considerando, sobretudo, as necessidades de consumo exigidos pelo mercado (FRANCISQUINI; GURGEL, 2015).

Para Yun Ching (2015) o estoque tem origem na função de compras da empresa, desde que a empresa compreenda a relevância de associar o fluxo de materiais, a suas dinâmicas de suporte como forma de proporcionar atendimento os clientes, bem como forma de dinamização do negócio. Corroborando com esta perspectiva, Ballou (2015, p. 213), afirma que “[...] o controle de estoques é uma questão de balancear os custos de manutenção de estoques, de aquisição e de faltas.”

De acordo com Dias (2021) os estoques possuem especificidades, que os diferem, são eles: lotes com tamanhos específicos, obtidos em decorrência de preços convenientes ou na tentativa de reduzir os gastos administrativos.

Uma técnica comumente utilizada pela administração de estoque é a Curva ABC que, segundo Ching (2015, p. 47), “baseia-se no raciocínio do diagrama de Pareto, em que nem todos os itens têm a mesma importância e a atenção deve ser dada para os mais significativos”. (Figura 1).

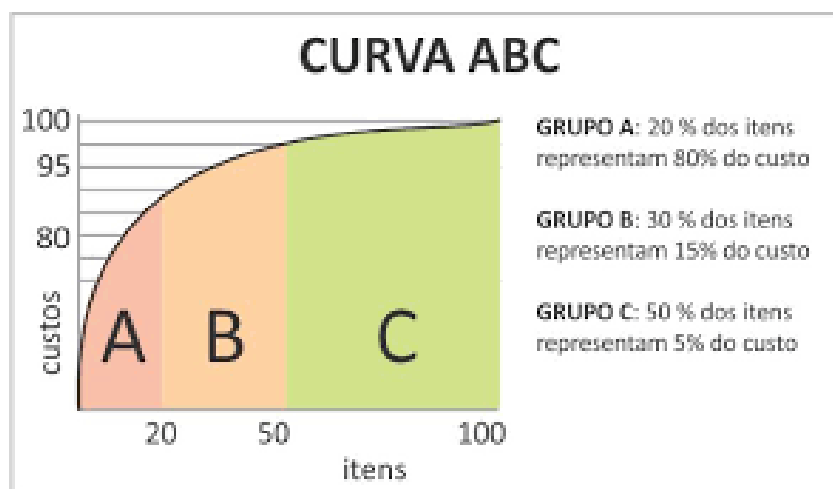


Figura 1. Curva ABC

Fonte: Ching (2015).

A análise ABC é uma ferramenta muito útil para a política e gestão de estoques, uma vez que tem o objetivo de melhorar o desempenho dos estoques, reduzindo tanto o capital investido em estoques como os custos operacionais (MARIANO, 2017).

Estes dados revelam que muitas empresas ainda desconhecem desta ferramenta, mas é importante enfatizar que utilizar o controle de estoque promoverá um controle eficiente e eficaz dentro das necessidades e demandas do processo organizativo e do mercado consumidor. Em outro estudo realizado por Panzuto (2020), que objetivou analisar controle de estoque com o fim de identificação de falhas em uma micro empresa que atua no segmento de produção e comercialização de autopeças automotivas e para bicicletas, observou que a empresa apenas adquiria produtos para atender os clientes de forma imediata, o que trazia implicações para a empresa.

Percebeu-se então que esta dinâmica de controle de estoque adotada pela empresa, dissimulava as previsões de demanda, tendo em vista que não tinha a possibilidade de identificar a realidade e as necessidades de produção ou aquisição da empresa, corroborando em reduzido volume produtivo, custo elevado de estocagem e custos financeiros significativos para produção e manutenção de estoque (PANZUTO, 2020).

A fim de melhorar os aspectos produtivos e de estoque, foi necessário reorganizar os subsídios para um controle ideal, sendo redefinidos os critérios de alimentação das informações para o controle do estoque, de modo que se refletisse um sistema atualizado cotidianamente. Foi adotado o sistema ABC, com isso passou-se a considerar os aspectos que mais precisam de atenção, bem como outros elementos que resultavam em custos elevados (PANZUTO, 2020).

Em um outro estudo discorrido por Aristides (2021), que teve a finalidade de demonstrar que a adoção de uma política de gestão de estoque para micro e pequenas empresas que fazem parte do mercado de varejo de peças hidráulicas. O autor identificou que as empresas que não possuem em sua estrutura um instrumento de controle de estoque otimizado são as que mais enfrentam problemas de logística e na qualidade de serviços, bem como no atendimento do mercado.

Sendo assim, este setor traz às organizações uma economia em suas despesas. Dessa forma, com a complexidade da legislação, é necessário que os funcionários de tal departamento estejam sempre atualizados e informados sobre assuntos que envolvam este setor (SILVA, 2009).

### 3. CONCLUSÃO

A partir da literatura elencada para esta pesquisa, percebe-se o quanto é importante para uma micro e pequena empresa a adoção de medidas estratégicas que otimizem sua produção e controle. Logo, percebe-se a necessidade de as empresas requisitarem especialistas e departamentos que realizem um controle de estoque, tendo em vista que esta especificidade administrativa e/ou organizativa, promoverá maior efetividade no processo produtivo, redução de custos e gastos desnecessários, bem como maior e melhor competitividade frente ao mercado consumidor.

### Referências

ALMEIDA, Douglas dos Santos; SILVA, Juliano Domingues, **Análise da gestão de estoque de uma microempresa de autopeças de Campo Mourão-PR: uso da classificação abc dos materiais.** ENCONTRO DE PRODU-

ÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLOGIA, 9,2015.

ARISTIDES, José Valdenilson Rocha. **A gestão de estoques como diferencial competitivo para pequenas empresas no comércio de Fortaleza**. Monografia (Graduação em Administração) Faculdade Cearense, Fortaleza, 2015.

BARBOSA, Célia Maria; GÓES, Goethe Rommel Azevedo; BRITO, Betina dos Santos, **A auditoria interna e sua importância nas micro e pequenas empresas**. E-Gaia Conhecimento, Caxias, v.2, n. 2. p. 1-25. jul./ dez. 2015.

CHIAVENATO, Idalberto, **Administração de materiais: uma abordagem introdutória**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

CÔRREA, Henrique L. et. al. **Planejamento, programação e controle da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**, 6. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

FRANCISQUINI, Paulino; GURGEL, Floriano do Amaral. **Administração de materiais e do patrimônio**. 5. ed. São Paulo: Thomsom, 2017.

GURGEL, Floriano do Amaral. **Administração dos fluxos de materiais e de produtos**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

LEZANA, Álvaro G. Rojas. **Empreendedorismo e ciclo de vida das organizações**. 5. ed. Florianópolis: UFSC, 2021.

MARIANO, Camila Gimenes. **Controle de custos em unidades produtoras de refeições (UPR) através do método ABC**. 2010. Artigo Curso de Especialização em Nutrição da Unicentro. 2020.

PANZUTO, Nicole da Silva. **Um estudo de caso sobre a gestão de estoques em uma pequena empresa**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.MATURIDADE E DESAFIOS DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: competitividade das empresas, condições de trabalho, meio ambiente, 30, 2020. São Carlos, SP.

PINTO, Roberta Silva, et al. **A importância do gerenciamento de estoque nas micro e pequenas empresas de materiais de construção de São Gonçalo** – RJ. 2021.

SILVA, M. L. **Administração de departamento de pessoal**. 8. ed. São Paulo: Erica, 2009.





# 37

GESTÃO DE RISCOS NO PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA  
DE VESTUÁRIO

RISK MANAGEMENT IN THE PRODUCTION PROCESS IN THE  
APPAREL INDUSTRY

Rosidalva Amaral Pereira  
Carolina Gomes Araújo Garreto



## Resumo

A administração de riscos e acidentes é fundamental nas empresas, buscando otimizar a eficiência dos processos produtivos, diminuir despesas, elevar a satisfação das organizações e evitar acidentes que possam afetar os trabalhadores, a comunidade e o meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo ressaltar a importância da gestão de riscos e acidentes no contexto da segurança no trabalho, visando à diminuição de riscos, à redução de custos e ao aumento da produtividade. O uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) enfatiza a importância na redução dos riscos para a saúde dos trabalhadores, avaliando quão eficazes são na prevenção de acidentes no ambiente de trabalho. Uma gestão eficaz de riscos não se limita apenas à identificação dos perigos óbvios, mas também requer uma análise detalhada de todas as atividades que possam impactar a saúde e segurança dos trabalhadores. Dividir a organização em áreas de atuação é uma abordagem inteligente, pois permite uma compreensão mais aprofundada das particularidades de cada setor e facilita a implementação de medidas preventivas e corretivas específicas para cada área.

**Palavras-chave:** Gerenciamento de riscos, Acidentes, Têxtil, Confecções.

## Abstract

Risk and accident management is fundamental in companies, seeking to optimize the efficiency of production processes, reduce expenses, increase organizational satisfaction and avoid accidents that could affect workers, the community and the environment. This work aims to highlight the importance of risk and accident management in the context of workplace safety, aiming to reduce risks, reduce costs and increase productivity. The use of Personal Protective Equipment (PPE) emphasizes the importance of reducing risks to workers' health, evaluating how effective they are in preventing accidents in the workplace. Effective risk management is not just limited to identifying obvious hazards, but also requires a detailed analysis of all activities that may impact the health and safety of workers. Dividing the organization into areas of activity is an intelligent approach, as it allows a deeper understanding of the particularities of each sector and facilitates the implementation of specific preventive and corrective measures for each area.

**Keywords:** Risk management, Accidents, Textile, Clothing.



## 1. INTRODUÇÃO

A sociedade industrial moderna tem como foco a centralidade das máquinas, reside em sua capacidade aumentar a produtividade, reduzindo os esforços do trabalhador, desenvolver a qualidade dos produtos e serviços (Vieira; França, 2019). No entanto, a relação entre o homem e a máquina pode aumentar o risco de acidentes de trabalho, frequentemente devido à falta de treinamento e capacitação dos operadores, bem como a negligência em relação aos detalhes da operação.

Compreende-se que ao investir em medidas de segurança, há um aumento na conscientização dos funcionários, enquanto a realização de treinamentos de segurança contribui para fortalecer o relacionamento entre eles. Nesse sentido, à medida que as organizações priorizam a saúde e a segurança de seus colaboradores, diversas estratégias, programas e procedimentos são implementados, resultando em uma redução significativa dos riscos e acidentes no ambiente de trabalho. Isso reflete uma crescente valorização da segurança laboral, visando criar um ambiente onde todos os funcionários estejam engajados em alcançar os mais altos padrões de segurança. Este conceito enfatiza não apenas as ações dos colaboradores, mas também as consequências dessas ações. A partir dessas considerações, surge a seguinte questão: quais são os principais riscos de acidentes enfrentados pelos trabalhadores na indústria de vestuário e como esses riscos podem ser efetivamente mitigados?

O propósito principal deste artigo é identificar os principais riscos de acidentes presentes nos setores de produção da indústria de vestuário. Para alcançar esse objetivo, os seguintes objetivos específicos são delineados:

- Mapear as características fundamentais que contribuem para os riscos e acidentes nos setores de produção da indústria de vestuário;
- Identificar os principais fatores que são considerados geradores de riscos e acidentes, afetando a segurança dos trabalhadores;
- Explorar as medidas de controle aplicadas para mitigar riscos e prevenir acidentes.

A conscientização e o treinamento em segurança do trabalho são elementos cruciais na gestão eficaz de riscos e acidentes laborais, pois capacitam os funcionários a lidarem com os perigos específicos de cada processo, enfatizando a importância da conformidade com os procedimentos operacionais. Os treinamentos servem para estabelecer padrões, corrigir desvios e, assim, evitar acidentes de trabalho.

Portanto, a segurança dos trabalhadores é imperativa, assim como a conformidade com as normas regulamentadoras estabelecidas no Brasil. Este artigo aborda conceitos fundamentais de segurança, como prevenção e controle, fatores de risco e acidentes de trabalho, além de fornecer uma análise dos dados estatísticos sobre acidentes de trabalho no país, juntamente com orientações básicas para a implementação de um sistema de gerenciamento.

A gestão de riscos e acidentes desempenha um papel essencial nas organizações, visando melhorar a eficiência dos processos produtivos, reduzir custos, aumentar a satisfação das empresas e prevenir acidentes que possam impactar os trabalhadores, a população e o meio ambiente. Ao realizar atividades administrativas rotineiras, busca-se promover maior aplicabilidade e competitividade para se destacar no mercado de trabalho (Martins; 2012).

Nesse contexto, este trabalho visa destacar a importância da gestão de riscos e acidentes dentro do contexto da segurança laboral, visando a redução de riscos, custos e o aumento da produtividade. Pretende-se, assim, contribuir para a produção de novos conhecimentos que enriqueçam a compreensão existente neste campo, fornecendo argumentos relevantes para a academia e outros interessados refletirem sobre o assunto e contribuindo para o desenvolvimento de futuras abordagens e concepções.

## **2. DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Indústria de Vestuário**

Conforme destacado por Rech (2008), o setor de vestuário é caracterizado por uma cadeia de procedimentos que têm início na fabricação de tecidos na indústria têxtil. Essa cadeia prossegue com a produção das peças de roupa, abrangendo desde a concepção inicial até a entrega ao consumidor final. Esses processos incluem a criação de designs, a elaboração de padrões, a preparação do tecido para corte, o próprio corte dos materiais, a etapa de costura e, eventualmente, o tratamento adicional dos produtos, como tingimento ou acabamento. Por fim, o produto finalizado é disponibilizado ao consumidor, seja por meio de lojas físicas ou canais de comércio eletrônico.

### **2.2 Normas e Regulamentações de Segurança do Trabalho**

Conforme Zóccchio (2002), a segurança do trabalho é um conjunto de medidas essenciais para a realização de qualquer atividade laboral, com o objetivo primordial de prevenir a ocorrência de condições inseguras e corrigi-las quando presentes nos ambientes ou processos de trabalho. Além disso, esse conjunto de medidas visa também preparar os trabalhadores para a prevenção de acidentes, capacitando-os para identificar e lidar com possíveis riscos durante suas tarefas laborais.

### **2.3 Acidentes do Trabalho**

Na legislação brasileira, um acidente de trabalho é descrito como uma ocorrência não planejada e indesejável, que pode ocorrer de forma imediata ou gradual, e que está relacionada com a realização de atividades laborais, resultando ou podendo resultar em lesões pessoais. Esses acidentes podem ser classificados com base em sua gravidade em dois tipos principais: aqueles que exigem afastamento do trabalhador de suas funções e aqueles que não demandam afastamento, conforme estabelecido pela (ABNT 2001).

“[...]a concepção dos acidentes de trabalho apresenta duas vertentes. A primeira, de caráter jurídico-institucional, sustenta-se na teoria do risco social e fundamenta a operacionalização do seguro de acidente do trabalho. A segunda, desenvolvida pela engenharia de segurança, apresenta uma dimensão técnico-científica no controle dos acidentes e constitui a base da teoria do risco profissional. Considerar o trabalho como atividade que pode apresentar riscos de acidentes é, por conseguinte, reconhecer que é nesse ambiente que as responsabilidades serão atribuídas. Fatores pessoais (responsabilidade do trabalhador); fatores do ambiente de trabalho (responsabilidade do empregador), em que o conceito de acidente do trabalho, em vez de acidente no trabalho, é adotado por ser mais específico e garantir maior visibilidade” (Machado,



Gomez; Minayo, 1999, P. 10).

Dessa maneira, com as organizações colocando a saúde e a segurança aponta-se que a busca de culpados pelos acidentes baseou-se na imposição jurídica da responsabilidade civil. Dessa forma, a teoria da culpa direciona a análise dos acidentes no sentido de atribuir-lhes uma dentre duas causas possíveis: uma ação dolosa do empregado (ato inseguro) ou uma ação dolosa do empregador (condição insegura) criada por imprudência, negligência ou falta de diligência (BARBOSA *et al.*, 2000).

A indústria de vestuário emprega uma grande quantidade de profissionais na cadeia produtiva de têxteis e confecções. No entanto, durante as atividades de trabalho, é possível observar vários riscos profissionais relacionados à segurança e saúde dos trabalhadores. Esses riscos são decorrentes tanto da forma como o trabalho é organizado quanto do uso dos equipamentos (Coelho, 2018).

Dwyer (2000) ressalta a importância do local de trabalho na prevenção de acidentes e na atribuição de responsabilidades pela sua ocorrência. Perrow (1983) introduziu o conceito de acidentes sistêmicos, relacionados às características dos sistemas tecnológicos complexos, e a ideia de acidente normal, onde a possibilidade de interações inesperadas e incompreensíveis é inerente à natureza dos sistemas.

## 2.4 Gerenciamento de Riscos

O gerenciamento de riscos é definido como a implementação de estratégias de controle e prevenção, que são delineadas com base na avaliação da tecnologia disponível, análise de custo-benefício, aceitabilidade dos riscos e fatores sociais e políticos envolvidos (Canter, 1989 *apud* Freitas, 1996).

Na gestão de riscos, é fundamental considerar todas as atividades que impactam a saúde e segurança do trabalhador. Isso inclui dividir a organização em áreas de atuação, levando em conta suas particularidades e agindo localmente. As áreas podem ser divididas por geografia, função, atividades internas e externas, transporte, atividades terceirizadas e uso de produtos da organização.

## 2.5 Normas Regulamentadoras

Normas regulamentadoras voltadas a gerenciamento de riscos: NR1 - Disposições Gerais, NR5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), NR6 - Equipamentos de Proteção Individual (EPI), NR12 - Máquinas e Equipamentos, NR17 – Ergonomia, NR25 - Resíduos Industriais.

## 3. METODOLOGIA

A pesquisa em questão é caracterizada como descritiva, empregando uma metodologia de revisão bibliográfica sistematizada. Esta abordagem se baseia em obras primárias e secundárias que tratam da indústria têxtil, confecções e riscos no trabalho.

Essa metodologia de revisão de literatura permitiu uma compreensão aprofundada da importância dos EPIs na segurança do trabalho, destacando sua eficácia na prevenção de acidentes e na proteção da saúde dos trabalhadores. Os resultados dessa revisão são

apresentados na introdução deste trabalho, fornecendo uma contextualização adequada para o desenvolvimento dos demais capítulos e conclusões.

Esses meios foram através de busca de referências no google Scholar e no Scielo. A pesquisa por referências bibliográficas iniciou-se em abril de 2024 e usou como palavras afins do tema do trabalho: Têxtil, Confeções, Riscos

Com a utilização da combinação das palavras têxtil E Riscos, foram encontrados 16 resultados e compreenderam o período de 2000 até 2021. Desses trabalhos foram descartados 5 resultados que não se adequavam ao tema ou estavam duplicados.

Após a coleta do material disponível para consulta relacionado ao tema, procedeu-se a uma análise teórica abrangente. Nessa análise, foram identificados os aspectos mais relevantes e os achados mais recentes diretamente ligados ao assunto em questão. Essa etapa permitiu um levantamento do estado da arte sobre o conhecimento envolvido na elaboração do trabalho, garantindo assim uma base sólida e atualizada para a pesquisa.

Todos os dados e informações foram obtidos por meio de extensas pesquisas de referências bibliográficas, incluindo textos e artigos disponíveis na internet, bem como em livros e periódicos de circulação nacional. Essa ampla abordagem permitiu acessar uma variedade de fontes e perspectivas sobre o tema em questão, enriquecendo assim a análise e as conclusões do trabalho.

Após a leitura criteriosa dos artigos selecionados previamente, aqueles que abordavam efetivamente o tema foram identificados e relacionados no Quadro abaixo. Essa etapa foi crucial para garantir a relevância e a precisão dos dados utilizados na pesquisa, fornecendo assim uma base sólida para a análise e interpretação dos resultados.

Quadro 1. artigos selecionados para leitura

|   | <b>Autor</b>                                                               | <b>Ano</b> | <b>Título</b>                                                                                         | <b>Resumo</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---|----------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | DE SOUZA, Luiz Carlos; DE MELO, Fabio Xavier.                              | 2020       | A importância do uso de epi na prevenção de acidentes                                                 | Examinar e destacar a relevância dos equipamentos de proteção individual (EPI) na mitigação de riscos à saúde dos trabalhadores.                                                                                                                              |
| 2 | DE SOUZA, Jefferson Tadeu; SOUZA, João Artur.                              | 2021       | Ferramenta bow-tie no gerenciamento de riscos em projetos.                                            | A ferramenta Bow-Tie é uma abordagem recomendada pela ISO 31010:2012 para auxiliar no processo de avaliação de riscos.                                                                                                                                        |
| 3 | LIMA, Vitoria Aparecida Porto et al.                                       | 2021       | Segurança e saúde no ambiente de trabalho rural do alto jequitinhonha, minas gerais                   | Os resultados mostram que 26,7% dos trabalhadores não conhecem a Norma Regulamentadora 31 e que 40% não têm consciência dos riscos envolvidos em suas funções. Além disso, verificou-se que 41,7% dos trabalhadores sofrem de problemas relacionados à coluna |
| 4 | SILVA, Marcio José; PINHEIRO, Eliane; MENE-GASSI, Cláudia Herrero Martins. | 2020       | O processo de compras: um estudo teórico de sua relação com ciclo produtivo da indústria do vestuário | O setor de compras trabalha em conjunto com outros departamentos para atender ao curto ciclo produtivo, sendo responsável por gerar informações essenciais para o processo de produção.                                                                       |
| 5 | VIEIRA, Francisco CP; FRANÇA, Sérgio LB.                                   | 2019       | A gestão de riscos como fator de segurança em trabalho de furação.                                    | O objetivo geral é propor um modelo de gerenciamento de riscos para um trabalho de furação, baseado na análise da percepção dos profissionais que participaram do experimento.                                                                                |
| 6 | BERKENBROCK, Paulo Egydio; BASSANI, Irionson Antonio                       | 2010       | Gestão do risco ocupacional: uma ferramenta em favor das organizações e dos colaboradores             | Esclarece as principais dúvidas sobre a gestão de riscos através de uma análise simplificada de sua estrutura, com ênfase em questões práticas aplicáveis a atividades produtivas de qualquer escala, seja pequena, média ou grande.                          |



|    | Autor                                       | Ano  | Título                                                                                                                                        | Resumo                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----|---------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | DE CICCIO, FM-GAF; FANTAZZI-NI, Mario Luiz. | 2003 | Tecnologias consagradas de gestão de riscos.                                                                                                  | O objetivo é alinhar, lado a lado, os aspectos sociais e humanos com os aspectos econômicos e financeiros, que estão invariavelmente interconectados ao tratar de perdas decorrentes de acidentes e falhas.                                                                                                       |
| 8  | LORENA, Emmanuelle MG et al.                | 2018 | Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no arranjo produtivo local (apl) têxtil e de confecções de pernambuco, Brasil.    | Os riscos ambientais associados ao processo de lavagem e beneficiamento têxtil são vistos como um aspecto negativo para o Arranjo Produtivo Local do Agreste pernambucano.                                                                                                                                        |
| 9  | FERREIRA, Raffaella Camilo et al.           | 2018 | Estudo de caso do gerenciamento de riscos de uma confecção de moda íntima de pequeno porte.                                                   | O gerenciamento de riscos em uma confecção têxtil de pequeno porte pode impulsionar o crescimento diante das oportunidades de mercado, dando prioridade a aspectos como saúde, segurança e qualidade de vida dos trabalhadores.                                                                                   |
| 10 | PALMEIRA, Juliana Nobrega Barbosa.          | 2016 | Aplicação das metodologias FMEA-FUZZY para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos                                                        | O gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos torna-se essencial para definir estratégias Adequadas, visando reduzir a influência desses riscos e garantir que não afetem a continuidade dos negócios.                                                                                                       |
| 11 | Fernandes, FC, Wrubel, F., & Dallabona, LF. | 2015 | Gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos de micro e pequenas empresas têxteis: discussão exploratória sobre oportunidades de pesquisa | Identificar e analisar os riscos e os mecanismos de gerenciamento de riscos inerentes à cadeia de suprimentos e logística de micro e pequenas empresas revela que os principais riscos estão associados à compra, transporte, manuseio e qualidade da matéria-prima, bem como a questões relacionadas a softwares |

Conforme apresentado no Quadro 1, nem todas as publicações são específicas sobre indústrias do vestuário, contudo são necessárias para o desvendar do artigo, pois tem importância relevante para o conhecimento e gerenciamento dos riscos encontrados em empresas. Os materiais descritos no Quadro 1 foram utilizados para compor o referencial teórico deste trabalho.

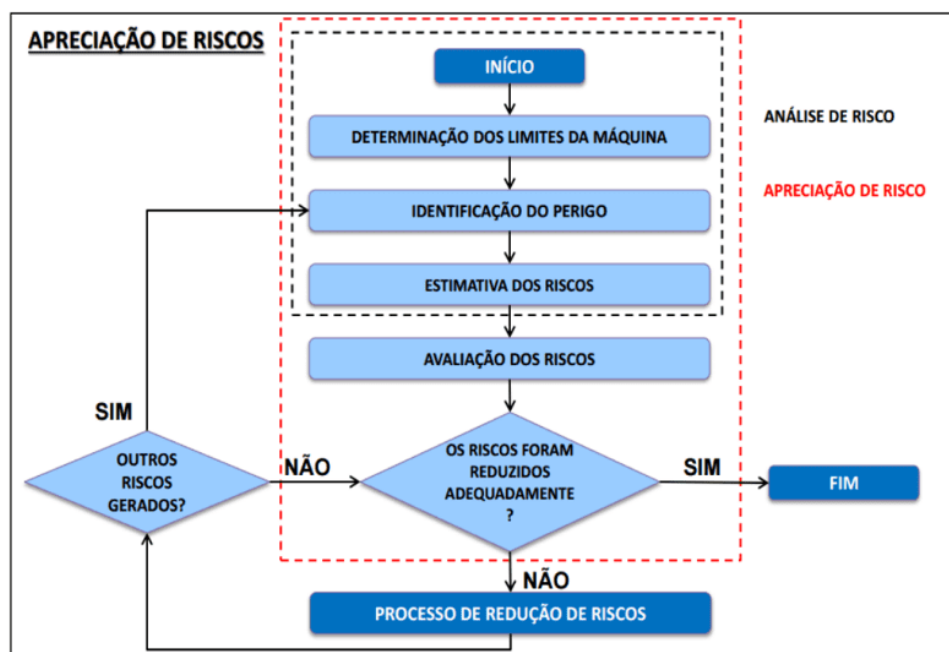


Figura 1. Fluxograma de análise de risco

Fonte: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Fluxograma-de-analise-de-risco.png>

Com base na gravidade do risco, é necessário sugerir a implementação de estratégias para reduzir o risco até que ele atinja um nível aceitavelmente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O setor de vestuário se distingue por uma série de etapas que começam com a produção de tecidos na indústria têxtil (Rech, 2008).

A segurança do trabalho consiste em um conjunto de ações fundamentais para a execução de qualquer atividade profissional, com o principal objetivo de evitar a ocorrência de situações perigosas e corrigir essas condições quando presentes nos locais ou processos de trabalho (Zócchio, 2002),

Segundo os autores de Souza, e de Melo (2020), destaca-se a relevância dos equipamentos de proteção individual (EPI) na mitigação de riscos à saúde dos trabalhadores, avaliando sua efetividade na prevenção de acidentes.

Para Lima (2021), os dados revelam que 26,7% dos trabalhadores não estão familiarizados com a Norma Regulamentadora 31 e que 40% não têm consciência dos riscos associados às suas tarefas. Além disso, constatou-se que 41,7% dos trabalhadores enfrentam problemas relacionados à coluna.

Com base nos trabalhos consultados, a metodologia utilizada para desenvolver este estudo parte do objetivo de demonstrar como a segurança do trabalho pode beneficiar a organização quando combinada com práticas de gestão de riscos e prevenção de acidentes no processo produtivo.

Nesse contexto, observa-se que o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) está não apenas vinculado à segurança pessoal, mas também é crucial para garantir um ambiente de trabalho seguro para todos os colaboradores da empresa, promovendo a saúde e reduzindo os riscos operacionais e ocupacionais (Meireles; Pinto, 2016), assim como de Souza (2021), afirma sobre destacar a relevância dos equipamentos de proteção individual (EPI) na mitigação de riscos à saúde dos trabalhadores, avaliando sua efetividade na prevenção de acidentes laborais (Cisz, 2015).

Levando em conta tais considerações, torna-se fundamental que as empresas e colaboradores priorizem o investimento em treinamento para assegurar um ambiente de trabalho mais seguro (Martins et al., 2013).

A gestão de riscos na empresa deve estar vinculada à execução de qualquer atividade que afete a saúde e a segurança dos trabalhadores. O objetivo geral é propor um modelo de gerenciamento de riscos para um trabalho de furação, baseado na análise da percepção dos profissionais que participaram do experimento.

## 5. CONCLUSÃO

A interação entre o homem e a máquina pode elevar o risco de acidentes de trabalho, muitas vezes devido à falta de treinamento e capacitação dos operadores, além da negligência quanto aos detalhes da operação.

Investir em medidas de segurança, a conscientização dos funcionários, e a realização de treinamentos de segurança contribui para fortalecer o relacionamento.

À medida que as empresas priorizam a saúde e a segurança dos seus funcionários, temos



como resultado uma redução significativa dos riscos e acidentes no ambiente de trabalho. Tem-se como reflexo a crescente valorização da segurança laboral e consequentemente espera-se um ambiente onde todos os funcionários estejam comprometidos em alcançar os mais altos padrões de segurança.

Para eliminar ou minimizar os fatores de riscos físicos, químicos, biológicos e de acidentes, as empresas devem adotar medidas de controle coletivo e individual. Isso inclui o uso obrigatório de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e Equipamentos de Proteção Individual (EPI), seguindo as orientações e treinamentos estabelecidos pela NR 6

O gerenciamento de riscos em uma confecção têxtil pode impulsionar o desenvolvimento empresarial, partindo assim da gestão instituindo uma cultura de prevenção de acidentes de trabalho que garanta a segurança e a integridade dos trabalhadores, e tendo como consequência positiva, o aumento da produção e a melhoria da qualidade dos produtos ou serviços oferecidos (BENITE, 2004) sempre priorizando quesitos relacionados à saúde, segurança e qualidade de vida do trabalhador.

Por fim, conclui-se que, os estudos abordam a problemática em torno dos riscos de acidentes enfrentados pelos trabalhadores na indústria de vestuário. Conforme o objetivo estabelecido, os resultados incluem o mapeamento, a identificação do que podem gerar os riscos e acidentes e cabe-se explorar medidas de controles.

Para mitigar os riscos aos trabalhadores, as empresas devem sempre buscar treinamentos para uma melhor qualidade de vida para os seus funcionários.

Portanto, cabe-se aprofundar de uma forma mais densa sobre assuntos relacionados a Gestão de Riscos no Processo Produtivo na Indústria de Vestuário abrindo-se assim lacunas para novos trabalhos.

## Referências

- BARBOSA, Tânia da Silva et al. **Gerenciamento de riscos de acidentes de trabalho: estudo de caso em uma obra de construção de dutos terrestres**. 2002. Tese de Doutorado.
- BENITE. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho para empresas construtoras**. p. 236. Dissertação - USP, São Paulo, 2004.
- BERKENBROCK, Paulo Egydio; BASSANI, Irionson Antonio. **Gestão do risco ocupacional: uma ferramenta em favor das organizações e dos colaboradores**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, v. 4, n. 1, p. 43-56, 2010.
- CANTER, W. L. **Environmental Risk Assessment and Management. A literature review**. Pan American Center for Human and Health Ecolog
- CISZ, Cleiton Rodrigo. **Conscientização do uso de EPI'S, quanto à segurança pessoal e coletiva**. 2015.
- DE CICCO, FMGAF; FANTAZZINI, Mario Luiz. **Tecnologias consagradas de gestão de riscos**. São Paulo: QSP, 2003.
- DE FREITAS, Carlos Machado; DE SOUZA PORTO, Marcelo Firpo; MACHADO, Jorge Mesquita Huet (Ed.). **Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção**. SciELO-Editora FIOCRUZ, 2000.
- DE SOUZA, Jeferson Tadeu; SOUZA, João Artur. **A ferramenta bow-tie no gerenciamento de riscos em projetos**. Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838, v. 14, n. 1, 2021.
- DE SOUZA, Luiz Carlos; DE MELO, Fabio Xavier. **A Importância do uso de EPI na prevenção de acidentes**. Diálogos Interdisciplinares, v. 9, n. 1, p. 200-215, 2020.
- DWYER, Tom, 2000. 'A Produção Social do Erro – O Caso dos Acidentes Ampliados'. In: Acidentes Industriais Ampliados – **Desafios e Perspectivas Para o Controle e a Prevenção de Acidentes**, pp. 49-81, Rio de Janeiro: Fiocruz. Disponível em <https://teses.iciet.fiocruz.br/pdf/barbosasm.pdf> Acesso em 16 set 2019

- FERNANDES, Francisco Carlos; WRUBEL, Franciele; DALLABONA, Lara Fabiana. **Gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos de micro e pequenas empresas têxteis: discussão exploratória sobre oportunidades de pesquisa**. REGEPE Entrepreneurship and Small Business Journal, v., 2015.
- FERREIRA, Rafaella Camilo et al. **Estudo de caso do gerenciamento de riscos de uma confecção de moda íntima de pequeno porte**. 2018.
- FREITAS, Carlos Machado de; GOMEZ, Carlos Minayo. **Análise de riscos tecnológicos na perspectiva das ciências sociais**. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 3, p. 485-504, 1996.
- GOMEZ, Carlos Minayo; THEDIM-COSTA, Sonia Maria da Fonseca. **Precarização do trabalho e desproteção social: desafios para a saúde coletiva**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 4, p. 411-421, 1999.
- LIMA, Vitoria Aparecida Porto et al. **Segurança e saúde no ambiente de trabalho rural do Alto Jequitinhonha, Minas Gerais**. Scientific Electronic Archives, v. 14, n. 3, p. 71-77, 2021.
- LORENA, Emmanuelle MG et al. **Modelo de gestão de riscos em lavanderias de beneficiamento no arranjo produtivo local (APL) têxtil e de confecções de Pernambuco, Brasil**. Revista produção online, v. 18, n. 2, p. 620-640, 2018.
- MARTINS, Ana Paula Bortoletto et al. **Participação crescente de produtos ultraprocessados na dieta brasileira (1987-2009)**. Revista de saúde pública, v. 47, p. 656-665, 2013.
- MARTINS, Vidigal Fernandes et al. **Gestão Econômica e Gestão de Processos: em busca da melhoria contínua**. Gestión Joven,(9), p. 87-96, 2012.
- MEIRELES, Ana; GIAOURIS, Efstathios; SIMÕES, Manuel. **Métodos de desinfecção alternativos ao cloro para uso na indústria de miniprocessados**. Pesquisa alimentar internacional , v. 82, p. 71-85, 2016.
- PALMEIRA, Juliana Nobrega Barbosa. **Aplicação das metodologias FMEA-FUZZY para a gestão de riscos na cadeia de suprimentos em empresas do APL de confecções do agreste pernambucano**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- PERROW, Carlos. **O contexto organizacional da engenharia de fatores humanos**. Ciência Administrativa trimestralmente , p. 521-541, 1983.
- PINTO, Jeffrey K.; WINCH, Graham. **The unsettling of “settled science:” The past and future of the management of projects**. International Journal of Project Management, v. 34, n. 2, p. 237-245, 2016.
- RECH, Sandra Regina. **Estrutura da cadeia produtiva da moda**. ModaPalavra e-periódico , n. 1, 2008.
- SANTOS, Wellington Luiz. **Cursos superiores de tecnologia em segurança no trabalho: percepção do (a) s aluno (a) se professore (a) s**. 2015.
- SESI. **Manual de Segurança e Saúde do Trabalho**. São Paulo: 2013.
- SILVA, Marcio José; PINHEIRO, Eliane; MENEGASSI, Cláudia Herrero Martins. **O processo de compras: um estudo teórico de sua relação com o ciclo produtivo da indústria do vestuário**. Revista Produção Online, v. 20, n. 4, p. 1126-1145, 2020.
- VIEIRA, Francisco CP; FRANÇA, Sérgio LB. **A gestão de riscos como fator de segurança em trabalho de furação**. 2019.
- ZÓCCHIO, Alvaro; PEDRO, Luiz Carlos Ferreira. **Segurança em trabalhos com maquinaria**. Editora LTr, 2002.



# 38

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: UMA ABORDAGEM ACERCA DA  
IMPORTÂNCIA DA UNIVERSIDADE NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL  
E SUSTENTABILIDADE

PRODUCTION ENGINEERING: AN APPROACH TO THE  
IMPORTANCE OF UNIVERSITIES IN ENVIRONMENTAL  
EDUCATION AND SUSTAINABILITY

Thercio Nunes de Castro  
Felipe Santos



## Resumo

O seguinte estudo tem por objetivo conhecer o papel da universidade na educação ambiental e sustentabilidade. A abordagem do tema se dá para que as IES incorporem os preceitos do desenvolvimento sustentável é necessário que estes conceitos sejam empregados nas atividades rotineiras desenvolvidas pelos servidores nas suas unidades de trabalho. Diante disso questiona-se: Qual a importância da universidade na promoção de educação ambiental e sustentabilidade na engenharia de produção? O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo compreendendo a leitura, seleção, fichamento e arquivo dos tópicos de interesse para a pesquisa em questão. A pesquisa se justifica pela importância das universidades em prestar maior atenção às questões ambientais atuando na medida de suas possibilidades, não só informando, mas formando pessoas capazes de projetar fins e de atuar sobre a realidade social, transformando-a e em tais fins está sem dúvida, à sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Engenharia de Produção. Universidade. Educação Ambiental. Sustentabilidade.

## Abstract

The following study aims to understand the role of the university in environmental education and sustainability. The theme is approached so that HEIs incorporate the precepts of sustainable development. It is necessary that these concepts are used in the routine activities carried out by employees in their work units. Given this, the question arises: How important is the university in promoting environmental education and sustainability in production engineering? The present study is a literature review of an exploratory and descriptive nature, comprising the reading, selection, recording and archiving of topics of interest for the research in question. The research is justified by the importance of universities in paying greater attention to environmental issues, acting to the extent of their possibilities, not only informing, but training people capable of projecting purposes and acting on social reality, transforming it and in such purposes it is without doubt, sustainability.

**Keywords:** Production Engineering. University. Environmental education. Sustainability.



## 1. INTRODUÇÃO

A busca pelo desenvolvimento econômico nos últimos anos vem causando a degradação e poluição o meio ambiente, ocasionando uma utilização abusiva dos recursos naturais, de forma descontrolada, e essa situação trouxe diversas consequências, que podem ser visualizadas através dos problemas ambientais atuais.

Em decorrência destes problemas, gestão ambiental e desenvolvimento sustentável passaram a serem elementos de atenção por parte de gestores e pesquisadores, pois, é através da preservação da natureza que se pode conservar a boa saúde dos indivíduos e a vida dos recursos naturais existentes em todo universo (SILVA *et al.*, 2014).

A sustentabilidade surge como um tema atual e bastante discutido em todo o mundo, considerado também como uma das maiores preocupações da sociedade (TOMMASIELLO; GUIMARÃES, 2013).

A Educação Ambiental (EA) tem se mostrado um instrumento importante para viabilizar a sustentabilidade. É considerado uma estratégia de transformação humana social e cultural, além de promover a integração do homem com o meio ambiente, a conscientização e a disseminação de conhecimentos, valores e vivências, aspirando a uma melhor qualidade de vida e a uma sociedade sustentável (BARBIERI; SILVA, 2011).

As Instituições de Ensino Superior (IES) por meio das Universidades possuem papel fundamental na formação de pensamentos e opiniões, sendo um dos principais órgãos que podem potencializar o desenvolvimento de um pensamento sustentável. Para que as IES incorporem os preceitos do desenvolvimento sustentável é necessário que estes conceitos sejam empregados nas atividades rotineiras desenvolvidas pelos servidores nas suas unidades de trabalho.

Diante disso questiona-se: Qual a importância da universidade na promoção de educação ambiental e sustentabilidade na engenharia de produção?

Para responder o presente problema tem-se por objetivo geral: Conhecer o papel da universidade na educação ambiental e sustentabilidade. Tem-se por objetivos específicos: Abordar acerca da educação ambiental; Descrever a importância da educação ambiental e suas contribuições na engenharia de produção; Apontar o papel da universidade no desenvolvimento da sustentabilidade.

Uma das questões sociais que mais tem deixado a humanidade preocupada é o descuido com o meio ambiente. É uma temática que deve ser estudada e abordada nas universidades, porque tem a ver com o futuro da humanidade e com a existência do planeta.

Embora tenha havido alguns desenvolvimentos na educação superior no que concerne ao desenvolvimento sustentável, ainda existem numerosos desafios que precisam ser superados (LEAL FILHO; MANOLAS; PACE, 2015).

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

Trata-se de uma revisão de literatura de caráter exploratório e descritivo, que conforme Gil (2007), é um método que permite a síntese de conhecimento e a incorporação dos resultados de estudos significativos na prática.

As bases de dados utilizadas foram: Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Biblioteca Digital de Teses e Dissertação (TEDE) e Literatura Latino-Americana. Optou-se pelos descritores: engenharia de produção, educação ambiental, sustentabilidade.

Por se tratar de um tema atual, o período escolhido para análise foram os artigos publicados entre os anos 2012 a 2023.

Os critérios de inclusão dos estudos para o levantamento bibliográfico foram textos completos, na língua portuguesa com acesso livre e gratuito nas bases de dados acima citadas, com abordagem e aspectos inerentes ao tema deste estudo. Os critérios de exclusão foram estudos que não atendam os objetivos do estudo.

O presente trabalho, por se tratar de revisão de sistemática de literatura e não haver em nenhuma das fases de sua elaboração, pesquisa envolvendo seres humanos, não precisa atender às normas preconizadas pela resolução 466/12, do conselho nacional de saúde, nem ser submetido à autorização do comitê de ética em pesquisa.

## **2.2 Resultados e Discussão**

### **2.2.1 Educação Ambiental**

A educação ambiental é um processo de reconhecimento de valores e clarificações de conceitos, objetivando o desenvolvimento das habilidades e modificando as atitudes em relação ao meio, para entender e apreciar as inter-relações entre os seres humanos, suas culturas e seus meios biofísicos.

Vem sendo discutida em âmbito global desde a década de 1940 com a criação da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), um órgão da Organização das Nações Unidas (ONU), que iniciou os debates sobre Educação Ambiental na escala global mobilizando governos e entidades da sociedade civil (BARBIERI; SILVA, 2011).

Está garantida pela constituição da República Federativa do Brasil de 1988, pois o artigo 225 diz que cabe ao poder público promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

Em 1999, foi instituída a Política Nacional de Educação Ambiental por intermédio da lei 9.795 de 27 de abril de 1999, a qual possui 21 artigos, despontando “como um dirimidor de dúvidas pedagógicas sobre a natureza da educação ambiental” (BRASIL, 1999, p.7).

É retratado no capítulo 1 do artigo 1º que: entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (MILARÉ, 2000, p. 226).

Segundo Carvalho (2006), a educação ambiental deve ser, acima de tudo, um ato político voltado para a transformação social, capaz de transformar valores e atitudes, construindo novos hábitos e conhecimentos, defendendo uma nova ética, que sensibiliza e conscientiza a formação da relação integrada do ser humano, da sociedade e da natureza, aspirando o equilíbrio local e global, como forma de melhorar a qualidade de todos os níveis de vida.

A educação sempre foi e continua sendo um agente transformador dentro da nos-



sa sociedade. Ou seja, entende-se que, quando as pessoas têm acesso à informação, elas são capazes de tomar decisões de forma mais clara e informada e conseguem discutir e gerar melhores soluções aos problemas vigentes. Então, a educação pode gerar grandes mudanças de comportamentos e atitudes que, por sua vez, trazem mudanças para a sociedade (UNESCO, 2021).

A Educação Ambiental deve proporcionar aos cidadãos os conhecimentos científicos e tecnológicos e as qualidades morais necessárias que lhes permitam desempenhar um papel efetivo na preparação e no manejo de processos de desenvolvimento, que sejam compatíveis com a preservação do potencial produtivo, e dos valores estéticos do meio ambiente (DIAS, 2000, p.149).

Dessa forma, entende-se que a educação ambiental e o acesso e o entendimento de tópicos como mudanças climáticas, aquecimento global, sustentabilidade, entre outros, se faz extremamente necessário de ser inserido e discutido desde o início da trajetória escolar.

### **2.2.2 Educação e gestão ambiental na engenharia de produção**

O engenheiro de produção é o profissional responsável por garantir a eficiência dos processos produtivos, além de manter baixos os custos de produção de uma empresa ou indústria, uma vez que toda empresa que possua uma linha de produção necessita de um profissional capaz de dimensionar e gerenciar os processos produtivos.

Diante disso, a engenharia de produção, surge com o papel fundamental de analisar as organizações em diversos aspectos, destacando o modo de produção, os compromissos e relações com a sociedade, além de analisar os impactos produtivos sobre o meio ambiente.

A gestão realizada pelo Engenheiro de Produção se enquadra nesse processo de Gestão Ambiental, criando mecanismos nos processos produtivos para reduzir os resíduos, gerando menos impactos, consequentemente reduzindo desperdícios financeiros para a organização, com o intuito de preservar e minimizar impactos ambientais visando também a necessidade de mercado e a preservação do meio ambiente.

O profissional deve se atentar às mudanças ambientais e às normas técnicas ao elaborar o planejamento do seu projeto visando a preservação do meio ambiente, as instituições de ensino superior devem ampliar essas preocupações com o meio ambiente. As universidades possuem um papel fundamental na formação do engenheiro, já que, é através dela que o indivíduo adquire conhecimento suficiente para exercer a sua profissão de forma ética e responsável.

### **2.2.3 Papel da universidade no desenvolvimento da sustentabilidade**

Um marco importante na história da Educação Ambiental e das grandes conferências internacionais foi a conferência das nações unidas sobre o meio ambiente e de desenvolvimento humano, Rio 92, também conhecida como cúpula da terra e eco 92. Durante a Rio 92, foi assinado o tratado de Educação Ambiental para sociedades sustentáveis e responsabilidade global-documento que constituiu o marco referencial da Educação Ambiental e evidencia a importância de mobilizar as instituições de Ensino Superior para atividades

voltadas a educação ambiental (Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, 1992).

Desde então, diversas universidades em todo o mundo vêm se articulando para construir suas políticas ambientais, com criação de um órgão institucional para a gestão ambiental, que tem como premissa normalizar questões ambientais a fim de promover a sustentabilidade ambiental dentro de suas áreas; promover o uso racional de recursos; promover um ambiente saudável e construir de forma participativa um modelo de sustentabilidade para a sociedade (BACCI *et al.*, 2015).

Dias (2004), em suas palavras, afirma que o desafio fundamental para a construção de uma sociedade sustentável é a educação, onde a educação ambiental foi identificada.

Sustentabilidade ambiental é entendida como ideal sistemático constituído pela ação e permanente busca entre a preservação do ecossistema e desenvolvimento socioeconômico que se estenda efetivamente a toda a população mundial, orientado pela redução gradativa da exploração e destruição do meio ambiente (OLIVEIRA; MILIOLI, 2013, p. 161).

Segundo Silva *et al.* (2015) cada vez mais, a sustentabilidade ganha espaço na atualidade, pois a preservação dos recursos naturais está se tornando prioridade e diversas empresas estão buscando se tornar ecologicamente corretas, pois além de salvaguardar o meio ambiente, pensando no pós-consumo do produto, para as empresas direcionadas a construção civil, o custo final de uma obra diminui quando feita a reciclagem e o reaproveitamento de diversos materiais.

Inserir a educação ambiental nas universidades é capacitar estudantes com pensamento crítico para que saibam se posicionar sobre as questões que envolvem a relação com o meio ambiente e que, certamente, impactarão a sociedade a longo prazo. Aprimorar suas competências e habilidade é garantir que esse assunto não seja negligenciado (BRANDALISE *et al.*, 2014).

Uma das formas de promover o interesse de um graduando relacionado ao conhecimento e prática da educação ambiental é levá-lo a reflexão e percepção dos conhecimentos já adquiridos, das necessidades de sua profissão e da importância de um aprendizado contínuo para assim tornar-se, não apenas um cidadão, mas também um profissional mais consciente de seu papel na promoção do desenvolvimento sustentável.

De acordo com Filho *et al.* (2011), o conceito de sustentabilidade transcende a ideia de apenas proteger o meio ambiente e diminuir os gases contribuintes para o efeito estufa, já que, se não houver a conscientização ambiental em todos, não haverá adoção de medidas a fim de reduzir significativamente os impactos. A responsabilidade social trabalha em conjunto com o desenvolvimento sustentável, já que, por meio da educação ambiental ocorre a conscientização e a partir de exemplos elaboram-se projetos semelhantes.

Segundo Brasil (2001), a questão ambiental impõe às sociedades a busca de novas formas de pensar e agir, individual e coletivamente, de novos caminhos e modelos de produção de bens. Desse modo, é preciso que haja a construção de valores nos quais a educação tenha um importante papel a desempenhar. Nota-se que o ambiente universitário é um espaço onde o educando aprende conceitos relacionados à temática ambiental, de forma a aplicar seus conhecimentos no seu dia a dia dentro de uma sociedade sustentável.

A universidade, enquanto promotora da formação profissional, deve buscar a formação de profissionais cada vez mais responsáveis e conscientes de seu papel na proteção do meio ambiente e competentes para busca de soluções dos problemas ambientais.

Desse modo, para que haja uma relação sustentável da sociedade com o ambiente,





é preciso o desenvolvimento de práticas de educação ambiental como estratégia para a reversão dos processos de degradação e para a construção de valores, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente.

### 3. CONCLUSÃO

Conclui-se que as universidades têm um papel de forte influência em todos os segmentos que estão vivenciadas as relações humanas, e estão cada vez empenhadas em exercer o papel educativo de uma forma multidisciplinar e eticamente orientada, de forma a encontrar soluções para os problemas ligados ao meio ambiente. Promove também a construção de conhecimento, contribuindo com a diminuição da degradação do meio ambiente.

Considera-se que a educação ambiental pode contribuir para a solidificação teórico-metodológica na universidade e na sustentabilidade. A implementação das atividades ambientais, a partir das Universidades é um importante aliado no processo de ensino-aprendizagem trazendo aos estudantes aulas e olhares diferenciados, conduzindo a refletirem sobre a importância deles para a sociedade, com melhores condições de vida e o respeito ao Meio Ambiente.

### Referências

- BACCI, D. L. C.; SILVA, R. L. F.; SORRENTINO, M.; **Educação Ambiental e Universidade: Diagnóstico Disciplinar para Construção de Uma Política Ambiental**. Anais do VIII Encontro Pesquisa em Educação Ambiental-EPEA, Rio de Janeiro, p. 4, 2015.
- BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **Rev. Adm. Mackenzie**, São Paulo, v. 12, n. 3, p.51-82, 2011.
- BRANDALISE, L. T.; SILVA, J. M. DA; RIBEIRO, I.; BERTOLINI, G. R. F. O reflexo da disciplina de Educação Ambiental na percepção e conduta dos universitários. **Pretexto**, v. 15, n.4, p 11-26, Belo Horizonte, Outubro 2014.
- BRASIL. **Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999, que dispõe sobre a Educação Ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Diário Oficial, Brasília, 1999.
- \_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Parâmetros Curriculares Nacionais. **Meio Ambiente e Saúde**. Brasília, 2001.
- CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico**. 2.ed. São Paulo:Cortez, 2006.
- DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 9.ed. São Paulo: Gaia, 2004. p.551.
- FILHO, N. G. DA S; SANTANA, J. G. L; SILVA, L. R. B. **A responsabilidade social na vida de um engenheiro**. COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau, Santa Catarina. 2011.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2007.
- LEAL FILHO, W.; MANOLAS, E.; PACE, P. The future we want: key issues on sustainable development in higher education after Rio and the UN decade of education for sustainable development, **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 16, n. 1, p. 112-129, 2015.
- MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário**. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2000.
- OLIVEIRA, I. R; MILIOLI, G. **A urbanização e os desafios conceituais do ecossistema: uma contribuição à aplicabilidade do desenvolvimento sustentável para o município de Criciúma, Santa Catarina, Brasil**. Territórios, n. 29, 2013.
- SILVA, V. R. da. Práticas Sustentáveis: o uso Consciente do Papel e o Reaproveitamento de Materiais. **Revista Laborativa**. v. 3, p. 79-89, dez. 2014.
- SILVA, E. O. N.; CARNEIRO, E. B. S.; SILVA, M. A. & ALMEIDA, L. C. M. Gestão Ambiental em Empreendimento

de Engenharia (Construção Civil) na Cidade de Várzea Grande-MT: Estudo de Caso. **E&S - Engineering and Science**, v. 4, n. 2, 65-72, 2015.

TOMMASIELLO, M. G. C.; GUIMARÃES, S. S. M. Sustentabilidade e o papel da universidade: desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade democrática? **Revista do COGEIME**, v. 22, n. 43, p. 11-26, jul./dez. 2013.

UNESCO. NAÇÕES UNIDAS BRASIL. UNESCO transforma educação ambiental em componente curricular básico até 2025. 2021. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/127471-unesco-transforma-educacao-ambiental-em-componente-curricular-basico-ate-2025>>. Acesso em: out 2023.





# 39

A AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL NA MELHORIA DO PROCESSO  
PRODUTIVO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS: UMA  
REVISÃO DA LITERATURA

INDUSTRIAL AUTOMATION IN THE IMPROVEMENT OF THE  
PRODUCTION PROCESS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED  
ENTERPRISES: A LITERATURE REVIEW

Daniel Elvis Gonçalves Silva

## Resumo

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise sobre as tecnologias de automação industrial na melhoria do processo produtivo em pequenas, médias e grandes empresas. Trata-se de uma pesquisa de caráter exploratório, descritivo, bibliográfica e documental. Para a seleção da literatura foi feita uma busca de publicações em diferentes bancos de dados, entre os quais: *Scientific Eletronic Library Online*, Google Acadêmico, sites e plataformas de Engenharia, dentre as quais: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção e Simpósio de Engenharia de Produção, livros e teses, no período de 2014 a 2024. Os resultados apontam que o uso da automação industrial predomina em indústrias do ramo alimentício seguida de indústrias do ramo de plásticos, sendo que os principais benefícios relacionados ao uso dessa tecnologia elencados nas publicações, foram: aumento da capacidade de produção, lucratividade e qualidade do material produzido, redução de riscos ergonômicos e maior segurança aos profissionais. Conclui-se, portanto que, a automação é sinônimo de praticidade nas organizações industriais, podendo ser efetuada a partir de ações pontuais e situações específicas, trazendo benefícios para a organização e seus trabalhadores como um todo.

**Palavras-chave:** Automação industrial, processo produtivo, tecnologias.

## Abstract

The objective of this work was to make an analysis of industrial automation technologies in the improvement of the production process in small, medium and large companies. This is an exploratory, descriptive, bibliographic and documentary research. For the selection of the literature, a search was made for publications in different databases, including: *Scientific Electronic Library Online*, Google Scholar, Engineering websites and platforms, including: Brazilian Congress of Production Engineering and Symposium on Production Engineering, books and theses, in the period from 2014 to 2024. The results indicate that the use of industrial automation predominates in industries of the food industry followed by industries in the field of plastics, and the main benefits related to the use of this technology listed in the publications were: increased production capacity, profitability and quality of the material produced, reduction of ergonomic risks and greater safety for professionals. Therefore, it is concluded that automation is synonymous with practicality in industrial organizations, and can be carried out from specific actions and specific situations, bringing benefits to the organization and its workers as a whole.

**Keywords:** Industrial automation. Production process. Technologies.



## 1. INTRODUÇÃO

Entende-se em relação aos avanços tecnológicos no setor industrial, que todos os setores econômicos do Brasil estão em constante transformação, principalmente devido aos investimentos em tecnologias de ponta que levaram o cenário do país a um novo patamar de desenvolvimento tecnológico. Com o advento da tecnologia, tudo ficou mais acessível, surgindo assim a automação industrial.

Compreende-se como automação industrial a aplicação de tecnologias, equipamentos ou softwares específicos em um determinado processo industrial ou máquina, com a finalidade de aumentar sua eficácia, potencializar a produção com menor consumo de energia e/ou matéria-prima, reduzir as emissões de resíduos, condições de segurança, sejam de materiais, pessoas ou informações relacionadas a este processo, ou ainda a redução da carga de trabalho ou perturbação humana ao processo ou máquina.

As novas tendências tecnológicas emergentes na conjuntura econômica mundial, associadas à crescente competitividade e a um novo perfil de consumidores mais exigentes e informados, estão obrigando as empresas a buscarem novas formas de se diferenciar e sobreviver no mercado, bem como na tentativa de reduzir custos e maximizar a produtividade das fábricas.

Na conjuntura atual, vale destacar que o aumento da competitividade tem levado pequenas e médias empresas a buscarem constantemente a melhoria de seus processos como meio de sobrevivência no mercado por meio da utilização da automação dos processos industriais, pois suas melhorias podem levar ao aumento da produtividade, bem como à redução dos custos de produção.

Diante disso, surge como questão norteadora da pesquisa: Como as tecnologias de automação auxiliam no processo produtivo?

No ano de 2023 foram registrados no Brasil a abertura de 859 mil micro e pequenas empresas, representando uma alta de 6,62% em relação ao ano de 2022, que obteve uma média de 2,3/dia, com a criação de 805,6 mil empreendimentos, representando avanços em relação à economia do país<sup>1</sup>. Esses tipos de empresas são a base econômica de um país, por gerarem emprego, estimularem a economia e introduzirem inovações, por estarem motivados a adentrar no mundo do empreendedorismo e fazer a economia girar.

A automação é uma dessas inovações. A escolha da temática em questão é justificada pelo crescimento significativo da automação industrial em todos os setores industriais, somado ao grande número de empresas de pequeno e médio porte presentes no cenário empresarial brasileiro, que embora representem a maioria dos estabelecimentos, não possuem conhecimento acerca de seus benefícios da automação correlacionados a maximização da produção e qualidade dos produtos, bem como a possibilidade de somente haver a redução e não a exclusão da intervenção humana, caracterizada pela permanência da participação de colaboradores para operar as máquinas.

Nesse sentido, compreendendo a temática e a necessidade do homem em acompanhar o desenvolvimento tecnológico e a possibilidade de aplicação da automação industrial como forma de beneficiar-se e proporcionar benefícios para o mercado em sua volta, vislumbra-se a relevância da pesquisa para a comunidade acadêmica e sociedade de modo geral, a fim de aumentar o conhecimento acerca da importância da automação industrial em pequenas e médias empresas, para que seja devidamente aplicado.

1

<https://agenciasebrae.com.br/economia-e-politica/abertura-de-micro-e-pequenas-empresas-tem-alta-de-66-em-2023/>



Para tanto, foi proposto como objetivo geral: discutir por meio de revisão de literatura sobre a tecnologia de automação industrial na melhoria do processo produtivo de pequenas e médias empresas. E como objetivos específicos: conceituar e trazer aspectos históricos acerca da automação nos processos industriais, além de descrever os benefícios e vantagens da automação industrial na cadeia produtiva de pequenas e médias empresas.

## 2. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos o seguinte trabalho utilizou-se de uma revisão de literatura, de caráter exploratório e descritivo, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados (livros, sites de banco de dados etc.): *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO), Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), Capes. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados de 2014-2024. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “automação”, “indústria”, “benefícios”.

Os critérios de inclusão adotados foram publicações realizadas no período de 2014 a 2024, escritos em português, completos, que atendam aos objetivos da presente pesquisa. Não foram incluídas publicações realizadas anteriormente ao ano de 2014, em idioma estrangeiro, incompletos e que não respondam aos objetivos da pesquisa em questão.

A seleção dos artigos ocorreu inicialmente pela leitura dos títulos e resumos, seguida pela leitura na íntegra apenas dos artigos selecionados, onde as informações mais relevantes para o presente estudo foram destacadas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A automação, também denominada automatização, no contexto industrial é compreendida, segundo Silva (2020), como um conjunto de metodologias que envolvem sistemas de softwares e sistemas mecânicos, com objetivo de minimizar e facilitar todo processo de produção, com auxílio do trabalho manual.

Esse tipo de recurso tecnológico começou a ser utilizado na Inglaterra, na metade do século XVIII, quando deram início a substituição de sistemas de produção agrário e artesanal por equipamentos mecânicos, a fim de auxiliar o processo produtivo. Sendo que em meados do século XX, que de fato surgiram os sistemas automáticos em toda sua magnitude (ROSARIO, 2009 *apud* PINTO; NUNES; VIERO, 2015).

Para Roggia e Fuentes (2016) o objetivo da automação é permitir que o resultado do processo produtivo evolua, minimização dos custos relacionados ao trabalho e falta de mão de obra qualificada, eliminação de atividades manuais, oportunizar maior segurança ao trabalhador, uniformizar os produtos fabricados, além da realização de processos que não podem ser executados manualmente.

Para compreender melhor acerca da temática foi realizada uma análise e síntese de conteúdo, estruturados por meio de tabela e as seguintes variáveis: autor/ano, título, objetivo e principais achados.



| Autor/ano                        | Título                                                                                                                 | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                   | Principais achados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scheifler <i>et al.</i> (2016)   | Automação como meio para aumento de produtividade e competitividade – Estudo de caso                                   | Demonstrar a aplicação de melhorias em um processo de montagem de cabos plásticos em talheres de mesa, em uma cutelaria.                                                                                                                                                   | Aumento da capacidade produtiva, redução de refugos gerados no processo, redução de estoque de componentes, redução do número de colaboradores no processo, além de ganhos ergonômicos e de segurança.                                                                                                                                                                                                                   |
| Costa; Araújo; Oliveira (2018)   | Automação do processo de produção de uma cerâmica: estudo de exemplo como fonte produtiva de ideias                    | Analisar o processo de automação de uma cerâmica, com a finalidade descrever como a automação pode contribuir na melhoria dos processos produtivos e na redução de custos.                                                                                                 | Houve destaque mediante as ofertas do mercado, bem como na redução de custos. Embora a empresa ainda não esteja 100% automatizada, seus gestores pretendem continuar investindo.                                                                                                                                                                                                                                         |
| Silva <i>et al.</i> (2018)       | Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares.                                     | Propor a automação de uma das linhas de produção de uma empresa fabricante de borrachas escolares, através da criação de uma célula robotizada para a operação de embalagem.                                                                                               | A automação mostrou-se uma opção atraente no que se refere ao embaçamento, aumento da capacidade de produção e redução dos riscos ergonômicos devido aos esforços repetitivos aos quais os colaboradores não executaram mais.                                                                                                                                                                                            |
| Formaglioni <i>et al.</i> (2018) | O Papel da Robótica e da Automação nas Indústrias de Injeção Plástica                                                  | Estudo de caso, realizado em uma injetora de peças plásticas de uma empresa de Caxias do Sul - RS, onde foram coletados os dados e informações sobre o produto e seu processo produtivo, a fim de identificar possíveis melhorias                                          | Com a automação do processo e o uso de robôs auxiliares, obteve-se uma redução significativa no tempo do ciclo produtivo da peça “W” pois, anteriormente eram necessárias 39,58 horas mensais para atender os lotes de produção e, agora, são necessárias apenas 17 horas mensais, refletindo na redução de carga máquina e na minimização de horas extras.                                                              |
| Tamoto <i>et al.</i> (2020)      | Os ganhos da automação do sistema de movimentação interna de garrafas pet de uma indústria do ramo de bebidas          | Analisar o impacto da empregabilidade da automação industrial aprimorando o processo logístico da movimentação interna de materiais de uma empresa de bebidas gaseificadas, situada em Jundiá, expondo o panorama do sistema atual e a evolução do processo de manufatura. | Quanto a perdas de empregos diante do processo de automação, constatou-se que existe a necessidade de cooperação entre os dois universos, de forma a extrair o melhor resultado, onde a empresa estudada realizou sim desligamentos mas poucos, a maioria dos trabalhadores foram realocados, mostrando que até mesmo um sistema totalmente automático com a filosofia <i>Just-In-Time</i> , ainda necessita de pessoas. |
| Freitas <i>et al.</i> (2021)     | Análise dos ganhos econômicos e ambientais da automação industrial para eficiência energética de uma caldeira de lenha | A automatização de uma caldeira industrial a lenha aumentando sua eficiência energética, diminuindo o consumo de matéria prima e melhorando as emissões de gases poluentes emitidos pela mesma.                                                                            | Verificou-se significativas reduções nos consumos de lenha, melhorias nas questões operacionais e ambientais. Além de eficiência e estabilidade no equipamento pela implantação de um controle automático contínuo em substituição aos antigos meios de operações intuitivos e manuais.                                                                                                                                  |
| Silva; Balthazar (2021)          | Sistema de resfriamento de água industrial: aplicação de software para otimização de processo humano                   | Analisar o sistema de resfriamento de água industrial manual e o automatizado, aplicando software para facilitar a operacionalização do sistema, bem como as verificações de temperatura e pressão.                                                                        | Os resultados demonstraram como benefícios: a segurança do trabalhador, aprimoramento dos processos temporais.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                       |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gross et al. (2022)   | Automação do Processo de Embalagem do Bacon em Cubos em Cooperativa do Oeste Paranaense      | Promover a automação do processo de embalagem do bacon em cubos de uma cooperativa do oeste paranaense, a partir da seleção de equipamentos para o processo que atendessem as necessidades da empresa, visando aumentar a produtividade da linha operacional. | As perdas de embalagem e produto reduziram em 50%, a produção/hora da linha aumentou em cerca de 75%; redução do número de funcionários envolvidos no processo e do sobrepeso dos pacotes. A implantação dos equipamentos deu destaque a melhor condição ergonômica de trabalho, melhor apresentação do produto nos pontos de venda e redução de custos com tratamento de resíduos originados pelas embalagens que eram perdidas no processo. |
| Marafon et al. (2022) | Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo     | Destacar os benefícios que o investimento de alto custo em automação trouxe para a empresa do setor alimentício REALTA ALIMENTOS.                                                                                                                             | Os resultados apontam uma melhoria no processo produtivo, alcançando um aumento de 52,78% produção/hora. Verificou-se a sua viabilidade perante o custo de investimento.                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Santo et al. (2022)   | Automação do processo de embalagem de linguiça toscana em uma cooperativa do oeste do Paraná | Realizar a automação do processo de embalagem da linguiça toscana de uma cooperativa do oeste do paraná, através da seleção de uma máquina embaladora vertical.                                                                                               | Houve melhorias na selagem, no vácuo e na disposição do produto na embalagem. Após a análise da viabilidade econômica, o prazo de retorno sobre o investimento é de 1,37 anos ou 16,40 meses, sendo viável a aquisição do equipamento. Por fim, houve também redução de: mão de obra, consumo do grampo, manutenção das grampeadeiras e melhoria na condição ergonômica para os colaboradores e na imagem final do produto.                   |

Tabela 1. Publicações utilizadas na revisão de literatura conforme autor/ano, título, objetivo e principais achados, 2024.

Fonte: Autoria própria, 2024.

Os principais resultados esperados deste estudo, associado a todos os encontrados na literatura para desenvolvimento deste, demonstraram que o uso da automação industrial predomina em indústrias do ramo alimentício (SANTOS et al., 2022; MARAFON et al., 2022; GROSS et al., 2022), seguida de indústrias do ramo de plásticos (SILVA et al., 2018; FORMAGLIONI et al., 2018; TAMOTO et al., 2020).

Os principais benefícios relacionados ao uso da automação industrial nas publicações elencadas na presente revisão, foram, dentre os quais: aumento da capacidade de produção, lucratividade e qualidade do material produzido (SCHEIFLER et al., 2016; LIMA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2016; SANTO et al., 2022; MARAFON et al., 2022; GROSS et al., 2022), redução de riscos ergonômicos e maior segurança aos profissionais (SCHEIFLER et al., 2016; SILVA et al., 2018; SILVA, BALTHAZAR, 2021; SANTO et al., 2022; GROSS et al., 2022).

Em pesquisa realizada por Marafon et al. (2022), embora o novo sistema de automação adquirido pela empresa possua um elevado custo, representado em R\$ 473.100,00, em contrapartida a mão de obra utilizada no processo diminuiu, passou de quatro colaboradores que geravam uma despesa de salário de R\$12.160,62 para apenas dois atuantes, equivalente a R\$ 5.963,79 de despesas com salário, com viabilidade e retorno notável para a empresa. Além disso, houve um aumento na produtividade de 52,78% produção/hora e diminuição de 50% da mão de obra.

Corroborando com os achados relacionados a economia sobre a mão de obra, Sheifler et al. (2016) evidenciaram uma economia mensal de R\$12.600,00, mediante a eliminação de sete colaboradores do processo, que foram remanejados para outros setores. Já Gross et al. (2022) constataram uma economia anual em mão de obra de R\$ 71.304,00, com re-

dução de seis para quatro funcionários.

Santo *et al.* (2022) verificaram que atualmente a empresa necessitava de no mínimo 16 funcionários para o processo de fabricação da linguiça, e após a implementação da automação industrial houve diminuição de 7 pessoas no quadro de funcionários. De acordo com os testes realizados, considerando a eficiência do equipamento de 95%, a embaladora apresentou o seguinte desempenho: com uma velocidade de 19 pacotes de linguiça toscana de 5kg por minuto, faz um total de 5.700 kg/hora e 85.500kg/dia de trabalho. Com o processo de embalagem atual a produção diária de linguiça toscana é de 160.000 kg, com 2 embaladoras. Além do aumento da produção, foi possível identificar diminuição de gastos com materiais e manutenção de equipamentos manuais, diminuição de perda de embalagem, diminuição de 7 colaboradores por turno de trabalho, melhoria na condição ergonômica para os colaboradores e na imagem final do produto.

Os benefícios de diminuição da perda de embalagens, aumento da linha de produção, redução do quadro de funcionários e economia de modo geral de mão de obra também foram vislumbrados por Gross *et al.* (2022) e Formaglioni *et al.* (2018). Além disso os autores também verificaram que, a implantação dos equipamentos ainda proporcionou benefícios não mensuráveis, com destaque a melhor condição ergonômica de trabalho, melhor apresentação do produto nos pontos de venda e redução de custos com tratamento de resíduos originados pelas embalagens que eram perdidas no processo.

A aplicação da automação industrial na organização elencada na publicação de Formaglioni *et al.* (2018) houve uma redução significativa no tempo do ciclo produtivo da peça “W” do equipamento pois, anteriormente eram necessárias 39,58 horas mensais para atender os lotes de produção e, agora, são necessárias apenas 17 horas mensais, refletindo na redução de carga máquina e na minimização de horas extras.

Dessa forma, percebe-se que com a automação, todas as etapas ganham vantagens e precisam ser pensadas em um planejamento estratégico que otimize processos, reduza custos, reaproveite recursos naturais e traga segurança às pessoas envolvidas (SILVA; BALHAZAR, 2021).

Além de promover facilidade no processo, o alto nível de automação proporciona uma fabricação padronizada que impacta positivamente na produtividade e qualidade de vida do trabalhador, reduz custos e satisfaz os clientes finais (COSTA; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2018). Com a automação dos processos manuais, todas as suas etapas ganham vantagens, melhoram o desempenho e facilitam as atividades dos colaboradores (FREITAS *et al.*, 2021).

Corroborando com os achados, Marafon *et al.* (2018) a automatização no processo produtivo cria uma vantagem competitiva, pois aumenta a produtividade e flexibilidade do sistema produtivo, resultando na melhoria da qualidade do produto, maior consistência e cumprimento das especificações, além da redução do tempo de produção e intervenção manual para minimizar o número de funcionários e possíveis falhas.

Ao tratar da vantagem competitiva, na pesquisa realizada por Rodrigues *et al.* (2016) os entrevistados declararam ter percebido os impactos da inovação tecnológica na competitividade da empresa. Para eles a inovação tecnológica está relacionada com o desenvolvimento de novas máquinas, com a modernização das existentes e lançamento de produtos com atributos não existentes no mercado.

No senso comum, há uma visão de que a automação ocorre em grandes projetos e seu impacto é sentido em todas as realidades de trabalho. Mas, a automação pode ser alcançada por meio de ações específicas e também pode causar mudanças, mas isso pode ser vislumbrado em situações específicas e afeta mais alguns funcionários do que outros

(SILVA; BALTHAZAR, 2021).

A automação embora possa resultar a redução de pessoal, traz benefícios sociais, pois, à medida que os colaboradores passam a utilizar ergonomia, exige-se competência e habilidades intelectuais destes, para utilização de máquinas/equipamentos, além de reduzir ou eliminar a carga de trabalho física, repetitiva, monótona e perigosa, demanda de capacitação e constante atualização profissional que os torne apto para operar a tecnologia (COSTA; ARAÚJO; OLIVEIRA, 2018).

### 3. CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto que, a automação mostrou-se uma opção atraente nas indústrias de ramo alimentícia, como a maioria das publicações analisadas demonstram. Através dessa ferramenta tecnológica tornou-se possível aumentar a capacidade de produção sem acréscimo de mão de obra, minimização dos gastos, aumento dos lucros e qualidade do material produzido, além de redução dos riscos ergonômicos devido a esforços repetitivos ao quais os colaboradores não executarão mais, oportunizando assim segurança aos mesmos.

O estudo corrobora para se pensar em automação como sinônimo de praticidade nas organizações industriais. No senso comum, apregoa-se a ideologia de que a automação configura-se somente em projetos e organizações de grande porte e que seus impactos podem afetar toda a realidade do trabalho. Contudo, verificou-se que a automação industrial pode ser efetuada a partir de ações pontuais e situações específicas, trazendo benefícios para a organização e seus trabalhadores como um todo.

A competitividade existente no atual cenário empresarial, demanda dessas empresas constante evolução e aporte de novas tecnologias, a fim de potencializar os processos produtivos, diante disso, sugere-se a realização de pesquisas futuras, embora esta pesquisa seja válida para entender a relevância da automação em aspectos específicos, pois, sabe-se que os avanços nas pesquisas podem trazer maior abrangência ao campo e conhecimento da comunidade científica, bem como comunidade de modo geral.

### Referências

COSTA, B.; ARAÚJO, R. M.; OLIVEIRA, R. C. Automação do processo de produção de uma cerâmica: estudo de Exemplo como fonte produtiva de ideias. **Revista Vianna Sapiens**, v. 9, n. 2, p. 18, 2018. Disponível em: <https://www.viannasapiens.com.br/revista/article/view/461>. Acesso em: 01.abr.2024

FERREIRA, S. G. **Implantação de um processo de melhoria de produtividade por meio da metodologia OEE**. Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção, da Coordenação de Pós-Graduação Lato Sensu, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23235/2/PG\\_CEEP\\_2016\\_1\\_20.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23235/2/PG_CEEP_2016_1_20.pdf). Acesso em: 01.abr.2024

FIGUEIREDO, S. C. G. de; SANTOS, C. A. M. dos; RIBAS, L. F. **Engenharia de produção: Inovação na indústria 4.0**, MG: Poisson, 2020. Disponível em: <https://poisson.com.br/2018/produto/engenharia-de-producao-inovacao-na-industria-4-0/>. Acesso em: 01.abr.2024

FORMAGLIONI, G. **O Papel da Robótica e da Automação nas Indústrias de Injeção Plástica**. XVIII Mostra de iniciação científica, pós-graduação e extensão. Programa de pós-graduação em Administração – UCS. 2018. Disponível em: [https://www.academia.edu/66097195/O\\_Papel\\_da\\_Rob%C3%B3tica\\_e\\_da\\_Automa%C3%A7%C3%A3o\\_nas\\_Ind%C3%BAstrias\\_de\\_Inje%C3%A7%C3%A3o\\_Pl%C3%A1stica](https://www.academia.edu/66097195/O_Papel_da_Rob%C3%B3tica_e_da_Automa%C3%A7%C3%A3o_nas_Ind%C3%BAstrias_de_Inje%C3%A7%C3%A3o_Pl%C3%A1stica). Acesso em: 01.abr.2024

FREITAS, V. R. de et al. Análise dos ganhos econômicos e ambientais da automação industrial para eficiência





energética de uma caldeira de lenha. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 4, p. 457-471, 2021. Disponível em: <https://sustenere.inf.br/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.004.0036>. Acesso em: 01.abr.2024

GROSS, G. Automação do Processo de Embalagem do Bacon em Cubos em Cooperativa do Oeste Paranaense. **Pleiade**, v. 16, n. 35, p. 68-78, Abr.-Jun., 2022. Disponível em: <https://pleiade.uniamerica.br/index.php/pleiade/article/view/787>. Acesso em: 01.abr.2024

MARAFON, C. et al. Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo. *Anais da Engenharia de Produção*, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 72 - 87, july, 2018. Disponível em: <https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/200>. Acesso em: 01.abr.2024

PINTO, J. R. C.; NUNES, F. L.; VIERO, C. F. Avaliação dos Ganhos de Produtividade e Redução de Custos Gerados pela Automação de Processo em uma Empresa Calçadista: um estudo de caso. **Revista Espacios**, v. 36, n. 16, p. 6, 2015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n16/15361606.html>. Acesso em: 01.abr.2024

RODRIGUES, E. R. et al. Inovação tecnológica em produtos e processos: estudo de caso em empresa de automação industrial. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**. Curitiba, PR, v. 1, n. 1, 9, jan./jun., 2016. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundietg/article/view/857>. Acesso em: 01.abr.2024

ROGGIA, L.; FUENTES, R. C. **Automação industrial**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil, 2016. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06\\_automacao\\_industrial.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_automacao_industrial.pdf). Acesso em: 01.abr.2024

SANTO, D. do E. et al. Automação do Processo de Embalagem de Linguíça Toscana em uma Cooperativa do Oeste do Paraná. **Pleiade**, v. 16, n. 35, p. 96-107, Abr.-Jun., 2022. Disponível em: <https://pleiade.uniamerica.br/index.php/pleiade/article/view/790>. Acesso em: 01.abr.2024

SCHEIFLER, T. et al. Automação como meio para aumento de produtividade e competitividade – Estudo de caso. **Espacios**. v. 37, n. 28, 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n28/16372818.html>. Acesso em: 01.abr.2024

SILVA, A. P. M. da et al. A importância da automação na indústria. **Universo Recife**, v. 4, n. 2, 2017. Disponível em: <http://revista.universo.edu.br/index.php?journal=1UNICARECIFE2&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=4481>. Acesso em: 01.abr.2024

SILVA, A. L. E. et al. Proposta de automação industrial em uma empresa fabricante de borrachas escolares. **Revista GEINTEC**. Aracaju/SE. v. 8, n. 1, p. 4159-4172, jan/fev/mar – 2018. Disponível em: [https://www.academia.edu/69760850/Proposta\\_De\\_Automa%C3%A7%C3%A3o\\_Industrial\\_Em\\_Uma\\_Empresa\\_Fabricante\\_De\\_Borrachas\\_Escolares](https://www.academia.edu/69760850/Proposta_De_Automa%C3%A7%C3%A3o_Industrial_Em_Uma_Empresa_Fabricante_De_Borrachas_Escolares). Acesso em: 01.abr.2024

SILVA, R. do N. e; BALTHAZAR, J. M. **Sistema de resfriamento de água industrial**: aplicação de software para otimização de processo humano. ConBRepro: XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2021. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/>. Acesso em: 01.abr.2024

TAMOTO, C. S. **Os ganhos da automação do sistema de movimentação interna de garrafas pet de uma indústria do ramo de bebidas**. XI FATECLOG - os desafios da logística real no universo virtual FATEC jornalista Omair Fagundes de oliveira Bragança Paulista/SP - Brasil 23 e 24 de outubro de 2020. Disponível em: [https://fateclog.com.br/anais/2020/OS%20GANHOS%20DA%20AUTOMA%C3%87%C3%83O%20DO%20SISTEMA%20DE%20MOVIMENTA%C3%87%C3%83O%20INTERNA%20DE%20GARRAFAS%20PET%20DE%20UMA%20IND%C3%A9STRIA%20DO%20RAMO%20DE%20BEBIDAS\(1\).pdf](https://fateclog.com.br/anais/2020/OS%20GANHOS%20DA%20AUTOMA%C3%87%C3%83O%20DO%20SISTEMA%20DE%20MOVIMENTA%C3%87%C3%83O%20INTERNA%20DE%20GARRAFAS%20PET%20DE%20UMA%20IND%C3%A9STRIA%20DO%20RAMO%20DE%20BEBIDAS(1).pdf). Acesso em: 01.abr.2024

SILVA, E. **Como funciona a automação no brasil - parte I**. 2020. Disponível em: <https://clubedotrade.com.br/blog/automacao-no-brasil/>. Acesso em: 01.abr.2024.



# 40

A ENERGIA SOLAR: A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA  
UTILIZANDO AS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS  
SOLAR ENERGY: ELECTRICITY GENERATION USING  
PHOTOVOLTAIC CELLS

Rones Deives Rodrigues de Brito

## Resumo

Este estudo teve como objetivo principal investigar a importância do uso da energia solar em sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. A metodologia adotada para este estudo foi uma revisão bibliográfica qualitativa e descritiva, que envolveu a consulta a uma variedade de fontes, incluindo livros, artigos e sites confiáveis, todos publicados nos últimos dez anos. As palavras-chave utilizadas durante esta pesquisa foram: Energia Solar, Energia Solar Fotovoltaica, Célula Fotovoltaica e Panorama mundial da energia solar. Os resultados e discussões deste estudo abordam o contexto histórico que envolve o uso da energia solar, definem o que é a energia solar fotovoltaica e como ela evoluiu no Brasil ao longo dos anos, e discutem a importância da célula fotovoltaica para o processo de desenvolvimento energético. A conclusão do estudo é que a energia solar fotovoltaica, sendo uma fonte de energia limpa e renovável, tem o potencial de atender às necessidades energéticas da população. Além disso, apresenta mais vantagens em comparação com as fontes convencionais de geração de energia elétrica.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Energia Solar Fotovoltaica, Célula Fotovoltaica e Panorama mundial da energia solar.

## Abstract

This study aimed to investigate the importance of using solar energy in photovoltaic systems for electricity generation. The methodology adopted for this study was a qualitative and descriptive literature review, involving the examination of a variety of sources, including books, articles, and reliable websites, all published in the last ten years. The keywords used during this research were: Solar Energy, Photovoltaic Solar Energy, Photovoltaic Cell, and Global Solar Energy Outlook. The results and discussions of this study address the historical context surrounding the use of solar energy, define what photovoltaic solar energy is and how it has evolved in Brazil over the years, and discuss the importance of the photovoltaic cell for the energy development process. The conclusion of the study is that photovoltaic solar energy, being a clean and renewable energy source, has the potential to meet the energy needs of the population. Furthermore, it presents more advantages compared to conventional sources of electricity generation.

**Key-words:** Solar Energy, Photovoltaic Solar Energy, Photovoltaic Cell, and Global Solar Energy Outlook.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização da geração de energia fotovoltaica tem surgido como tema de discussão sobre a alteração da matriz energética mundial. Isso porque o recurso em questão representa um modelo de produção descentralizado e é limpo, renovável e tem alto potencial de exploração. Através da conversão da radiação solar em eletricidade usando materiais semicondutores como intermediários, fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico, pode-se obter energia fotovoltaica.

Um ponto de debate sobre a modificação da matriz energética mundial é o uso da geração de energia solar. Isso porque o recurso em questão é limpo, renovável e tem grande potencial de descoberta. Também representa um paradigma de produção descentralizada. A energia fotovoltaica pode ser produzida pela conversão da radiação solar em eletricidade com a ajuda de materiais semicondutores, um processo conhecido como efeito fotovoltaico.

O artigo se justifica, pois existe o contínuo crescimento populacional mundial, aos altos níveis de uso de energia e à natureza finita dos combustíveis fósseis, bem como à poluição que eles produzem, a viabilidade do paradigma energético é questionada. Diante desse cenário, a busca por um modelo de desenvolvimento baseado no crescimento sustentável com visão de longo prazo impulsionou o investimento em fontes de energia mais limpas e renováveis que atendam às necessidades globais de energia sem afetar as condições ambientais do planeta. A inclusão da energia solar fotovoltaica nesse contexto ocorre por ser uma fonte de energia que pode atender as necessidades da população e apresenta mais vantagens do que as fontes mais convencionais de geração de energia elétrica.

O objetivo geral deste estudo é verificar a importância do uso da energia da radiação solar em sistemas fotovoltaicos para geração de eletricidade. Amparado pelos objetivos específicos que se seguem: Estudar todo o contexto histórico que envolve a utilização de energia solar; Definir a energia solar fotovoltaica e sua evolução no Brasil; Abordar a importância da célula fotovoltaica para o processo de desenvolvimento de energia.

Este estudo foi elaborado utilizando métodos de pesquisa teórica e bibliográfica para abordar todas as questões relacionadas à geração de energia elétrica a partir de células solares e responder o questionamento: Quais as vantagens da geração de energia elétrica utilizando as células fotovoltaicas?

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A metodologia adotada nesta pesquisa trata-se de revisão de literatura com método de pesquisa bibliográfica qualitativa e descritiva, por meio de consultas a livros, artigos, sites confiáveis publicados nos últimos 10 anos. Os critérios de exclusão se basearam no descarte de artigos sem teor científico. Foram utilizadas as palavras-chave: Energia Solar, Energia Solar Fotovoltaica, Célula Fotovoltaica e Panorama mundial da energia solar.

### 2.2 Resultados e Discussão

Uma forma de aproveitar a energia do sol é transformá-la em calor ou eletricidade por



meio de diferentes tecnologias que estão em constante aprimoramento, como o aquecimento solar, a geração fotovoltaica e a fotossíntese artificial. Essas tecnologias podem ser classificadas em ativas ou passivas, dependendo da forma como captam e distribuem a energia solar. As técnicas ativas usam dispositivos como painéis fotovoltaicos e coletores solares térmicos que convertem a energia solar de forma direta. As técnicas passivas usam materiais com propriedades térmicas ou ópticas adequadas que permitem o aproveitamento natural da energia solar (MACHADO; MIRANDO, 2014).

A energia solar renovável é uma forma de obter energia a partir do sol, usando placas solares que convertem a luz em eletricidade ou calor. Essa energia também pode ser usada para gerar calor, por meio do aquecimento solar (SILVA, 2015).

A luz solar é essencial para a vida na Terra desde o seu surgimento. Os primeiros humanos e muitos animais dependiam da luz solar para se aquecerem e se secarem. (MATAVELLI, 2013)

Com o desenvolvimento humano, a luz solar passou a ser melhor aproveitada e reconhecida como uma fonte de benefícios para a saúde e o bem-estar das pessoas. Os antigos perceberam a importância da luz solar para a agricultura e a preservação de peles de animais, prevenindo assim doenças causadas por microrganismos. (MATAVELLI, 2013)

A Terra recebe cerca de  $1\,420\text{ W/m}^2$  de energia do Sol, mas apenas cerca de 18% dessa energia chega à superfície terrestre, pois 35% é refletida pelas nuvens e o restante é absorvido pela atmosfera. A energia solar que chega à superfície é composta principalmente por luz visível e infravermelha, além de uma pequena parte de radiação ultravioleta. Essa energia é usada pelas plantas para realizar a fotossíntese (REIS, 2011).

De acordo com Reis (2011), essa é apenas uma fração da energia solar disponível para uso. O espectro da luz solar na superfície da Terra é limitado a uma faixa visível e infravermelha, além de uma pequena faixa de radiação ultravioleta.

A absorção da energia solar é feita pela superfície terrestre, oceanos e atmosfera, que lhe proporcionam um aumento da temperatura. Todo o ar quente que contém água evaporada pelos oceanos, busca promover a convecção e circulação da atmosfera. Quando o ar atinge uma altitude elevada, arrefece e o vapor da água se condensa onde se formam nuvens que provocam o processo de precipitação sobre a superfície terrestre, criando assim o chamado ciclo da água. Todo esse calor que fica concentrado durante a condensação da água leva ao processo de formação dos ventos e ciclones (SILVA, 2015).

De acordo com esse processo é que é possível o processo de fotossíntese realizado pelas plantas, onde estas transformam energia solar em energia química, oxigênios e outros compostos minerais presentes durante esse processo. Toda a energia solar que é absorvida pela atmosfera terrestre é de aproximadamente 3.890.00 EJ ao ano. A energia solar serve para ser utilizadas em diferentes formas, como é possível compreender (ALDBÓ, 2002).

Nesse sentido, Matavelli (2013) afirma que uma das principais causas do aquecimento global é o aumento dos gases do efeito estufa na atmosfera. Esses gases são liberados principalmente pela queima de combustíveis fósseis, que são usados para gerar energia e realizar diversas atividades humanas. O efeito estufa é um fenômeno natural que permite a vida na Terra, pois retém parte do calor que seria irradiado para o espaço após a reflexão da luz solar.

No entanto, o excesso de gases do efeito estufa intensifica esse fenômeno e eleva a temperatura média do planeta, trazendo graves consequências para o meio ambiente e para a sociedade. Por isso, é urgente buscar formas de produzir energia limpa e renovável, que não contribuam para o agravamento do efeito estufa. A figura 5 mostra o crescimento



das emissões de gases do efeito estufa no mundo e em alguns países entre 2000 e 2025. (MATAVELLI, 2013)

O efeito fotovoltaico foi descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, que implica no surgimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz. Em 1876 foi percebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos da física do estado sólido e, apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área eletrônica. (MACHADO, MIRANDA, 2014).

Logo a palavra “fotovoltaico” vem do grego *photos*, que significa luz, e de *volta*, nome do físico italiano Edmond Becquerel, que capta uma solução de um eletrólito com eletrodos de metal, quando exposta à radiação luminosa, tem sua condutividade aumentada. Em 1873, Willoughby Smith descobre a fotocondutividade no selênio sólido. Em 1876, Adams e Day percebem que uma junção de selênio e platina desenvolve o efeito fotovoltaico quando exposta à luz solar (CUNHA, 2006).

A tecnologia dos semicondutores, que possibilitou o avanço da indústria fotovoltaico, teve seu início no século XX e se expandiu rapidamente para diversos setores, como o aeroespacial, o militar e o elétrico. A energia solar é gerada por meio de módulos formados por células fotovoltaicas, que usam materiais semicondutores para converter a radiação solar em eletricidade. A figura ilustra a estrutura de uma célula fotovoltaica (SILVA, 2015).

Para que um material semicondutor se torne uma célula fotovoltaica, ele passa por dois processos: a purificação e a dopagem. A dopagem consiste em introduzir impurezas químicas (geralmente boro ou fósforo) em um semicondutor puro (como o silício), para criar uma junção p-n<sup>3</sup>. O boro cria cargas positivas (ou “lacunas”) e o fósforo cria cargas negativas (ou elétrons livres) no material semicondutor (CHUCO, 2007).

Os materiais semicondutores são aqueles que apresentam uma baixa capacidade de conduzir eletricidade, mas que podem ter essa propriedade alterada por fatores externos, como a temperatura ou a luz. Esses materiais possuem uma estrutura eletrônica que se divide em duas bandas: a banda de valência, onde os elétrons estão mais ligados aos átomos, e a banda de condução, onde os elétrons podem se mover livremente e gerar corrente elétrica. A diferença de energia entre essas duas bandas é chamada de *gap*. Para que um material semicondutor possa conduzir eletricidade, é preciso que os elétrons da banda de valência recebam energia suficiente para saltar para a banda de condução. Essa energia pode ser fornecida por fótons, que são as partículas que compõem a luz (REIS, 2011). Esse fenômeno é a base das células fotovoltaicas, que são dispositivos capazes de converter a luz solar em energia elétrica.

Existem diferentes tipos de materiais semicondutores que podem ser usados na fabricação de células fotovoltaicas, cada um com suas vantagens e desvantagens. Segundo Rella (2017), esses materiais podem ser classificados em três gerações: a primeira geração é composta pelo silício, que é o material mais estudado e utilizado na indústria fotovoltaica, devido à sua abundância e ao seu alto rendimento. Dentro dessa geração, há três formas de silício: o monocristalino, o policristalino e o amorfo. A segunda geração é formada por materiais com menor custo e menor eficiência que o silício, como o arseneto de gálio (GaAs), o disseleneto de cobre e índio (CuInSe<sub>2</sub>), o disseleneto de cobre, gálio e índio (CuInGaSe<sub>2</sub>) e o telureto de cádmio (CdTe) (CUNHA, 2006). A terceira geração é constituída por materiais orgânicos ou poliméricos, que ainda estão em fase de pesquisa e desenvolvimento, mas que prometem ser mais baratos e flexíveis que os anteriores (SILVA, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em três tipos: sistemas isolados ou autônomos, sistemas híbridos e sistemas conectados à rede elétrica. Os sistemas isolados ou autônomos são aqueles que não dependem da rede de distribuição, pois esta não exis-



te no local ou o sistema é usado para alimentar cargas específicas. Os sistemas híbridos são aqueles que combinam mais de uma fonte de energia, como a eólica ou a diesel. Os sistemas conectados à rede elétrica são aqueles que injetam a energia solar produzida na rede de distribuição da concessionária. (MACHADO; MIRANDA, 2014).

Segundo Cunha (2006), a energia solar limpa apresenta vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas de acordo com alguns fatores. Entre as vantagens, destaca-se o fato de ser uma energia solar renovável, que não requer adaptações nas áreas de maior insolação, pois a energia solar está sempre disponível sem a necessidade de intervenção humana. Entre as desvantagens, ressalta-se o alto custo da tecnologia, principalmente das placas fotovoltaicas, que envolvem um alto grau de complexidade. Além disso, o armazenamento da energia solar ainda é pouco eficiente, e as placas solares demandam uma grande extração de minérios, como o zinco (SILVA, 2015).

A energia solar fotovoltaica é uma alternativa sustentável para a geração de eletricidade, desde que sejam adotadas medidas preventivas para minimizar os impactos ambientais na fabricação das células. Esses impactos são mais relevantes quando se considera o ciclo de vida completo da tecnologia, comparando-a com outras fontes de energia que também envolvem a produção de equipamentos. Alguns processos de produção de células fotovoltaicas requerem o uso de substâncias perigosas, como o seleneto de hidrogênio, e de solventes semelhantes aos empregados na indústria de semicondutores (CHUCO, 2007).

O Brasil tem um grande potencial para explorar a energia solar fotovoltaica, pois conta com altos níveis de radiação solar, especialmente na região Nordeste, conforme Silva (2015). O país também se destaca na América do Sul pelo seu avanço nas energias renováveis. Foi o primeiro país em desenvolvimento a produzir comercialmente a célula fotovoltaica a partir do silício monocristalino, não se limitando à simples montagem de painéis solares. A FoneMat, uma empresa do setor de telecomunicações, localizada em São Paulo, iniciou a montagem de módulos fotovoltaicos usando células fotovoltaicas importadas da Solarex, visando atender ao mercado de telecomunicações (MÁXIMO; DALRI, 2017).

Segundo Rella (2017), o Brasil se destaca pelo seu elevado potencial solar, pois é um dos poucos países que têm mais de 3000 horas de “insolação” por ano. No entanto, esse potencial não tem sido aproveitado de forma adequada, devido à falta de incentivo das instituições e do governo para o desenvolvimento da energia solar no Brasil.

Uma das iniciativas que contribuíram para a instalação de sistemas fotovoltaicos no Brasil foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODE-EM), criado em 1994.

Apesar disso, a legislação brasileira não tem favorecido a energia fotovoltaica, que é uma fonte renovável e limpa de energia. Ao contrário, a matriz energética do país tem se baseado principalmente na hidroeletricidade e na biomassa, que apresentam diversos impactos ambientais e sociais (SILVA, 2015).

A energia fotovoltaica, por sua vez, depende apenas das células solares, que são capazes de gerar energia a partir da luz do sol, sem emitir poluentes, sem produzir ruídos e sem exigir manutenção (CHUCO, 2007). Portanto, é uma alternativa sustentável e viável para o Brasil.

Segundo Gurgel (2006, p. 4), o Brasil possui uma capacidade instalada de cerca de 132 gigawatts (GW) para a geração de energia elétrica, considerando todos os tipos de usinas existentes. No entanto, apenas uma fração ínfima dessa capacidade, menos de 0,0008%, corresponde à energia solar fotovoltaica. Esse dado revela o baixo investimento do país em

fontes renováveis de energia, que poderiam contribuir para a redução do impacto ambiental causado pelo consumo energético. A energia solar é uma alternativa viável e vantajosa, pois utiliza um recurso natural abundante e limpo, a luz do sol, para produzir eletricidade através de células fotovoltaicas. Essas células podem ser aplicadas em diversos locais, inclusive em edifícios, sem gerar ruídos ou emissões poluentes. (MATAVELLI, 2013)

Apesar do cenário desfavorável, existem alguns incentivos governamentais para a expansão da energia solar no Brasil, como condições especiais de financiamento, isenção tributária para equipamentos de informática e automação relacionados à energia solar, leilões específicos para a compra de energia elétrica proveniente dessa fonte e recursos destinados à pesquisa no setor elétrico (SILVA, 2015). No entanto, ainda há muito a ser feito para que a energia solar ganhe mais espaço na matriz energética nacional e se torne uma opção mais acessível e sustentável para os consumidores. (REIS, 2011).

### 3. CONCLUSÃO

Em resumo, este estudo promoveu uma análise sobre a energia solar fotovoltaica e sua importância para a geração de energia elétrica. Através da revisão de literatura, foi possível compreender a evolução histórica da energia solar, bem como as vantagens e desvantagens da utilização da tecnologia fotovoltaica. Além disso, foram abordados os principais desafios que ainda precisam ser superados para que a energia solar fotovoltaica possa ser amplamente utilizada como fonte de energia limpa e renovável.

Os resultados deste estudo indicam que a energia solar fotovoltaica é uma alternativa promissora para a geração de energia elétrica, especialmente em países com grande incidência de radiação solar. A tecnologia fotovoltaica tem se mostrado cada vez mais eficiente e acessível, o que tem impulsionado o seu uso em residências, empresas e indústrias. Além disso, a energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia limpa e renovável, o que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a preservação do meio ambiente.

Os objetivos estabelecidos para este estudo foram atingidos com êxito. Por meio da revisão de literatura, foi possível confirmar a relevância do uso da energia radiante solar em sistemas fotovoltaicos para a produção de eletricidade. Adicionalmente, foi realizado um estudo do contexto histórico que envolve a utilização de energia solar, definindo a energia solar fotovoltaica e traçando sua evolução no Brasil. A importância da célula fotovoltaica para o processo de desenvolvimento energético também foi discutida. Portanto, este estudo contribui significativamente para a compreensão do papel da energia solar na geração de eletricidade e destaca a necessidade de continuar explorando e otimizando o uso de células fotovoltaicas.

Em relação à pergunta de pesquisa, “Quais as vantagens da geração de energia elétrica utilizando as células fotovoltaicas?”, a resposta é que a energia solar fotovoltaica se destaca como uma fonte de energia limpa e renovável capaz de atender às necessidades da população, apresentando mais benefícios do que as fontes convencionais de geração de energia elétrica. A tecnologia fotovoltaica tem demonstrado uma eficiência crescente e se tornado cada vez mais acessível, impulsionando sua adoção em residências, empresas e indústrias. Ademais, a energia solar fotovoltaica, por ser uma fonte de energia limpa e renovável, contribui significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a preservação do meio ambiente. Portanto, os resultados deste estudo reforçam a importância da contínua pesquisa e desenvolvimento na área de energia solar fotovoltaica.



No entanto, é importante ressaltar que ainda existem desafios a serem superados para que a energia solar fotovoltaica possa ser amplamente utilizada. Um dos principais desafios é a redução dos custos de produção, que ainda são elevados em comparação com outras fontes de energia. Além disso, é necessário investir em tecnologias que permitam o armazenamento da energia solar, de forma a garantir o fornecimento de energia elétrica mesmo em períodos de baixa incidência de radiação solar.

Diante disso, recomenda-se que sejam realizados mais estudos para aprimorar a tecnologia fotovoltaica e reduzir os custos de produção. Além disso, é importante que sejam criadas políticas públicas que incentivem o uso de fontes de energia renováveis, como a energia solar fotovoltaica. A adoção de medidas como incentivos fiscais e linhas de crédito para a instalação desses mecanismos.

## Referências

- ALDABÓ, R.. **Energia Solar**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.
- CHUCO, Braulio. **Otimização da potência de operação em sistema isolado fotovoltaico usando técnicas de inteligência artificial**. Dissertação; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2007.
- CUNHA, J. L. P. A. **Eletrificação de edificações rurais isoladas utilizando energia solar fotovoltaica**. 2006. 49 f. Monografia (Pós Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- GURGEL, B.F. **Proposição de uma metodologia para avaliação de inversores de frequência AM estação elevatórias de água. Estudo de casos no sistema de abastecimento de água de São José dos Campos**. 117p. Dissertação (Mestre em Engenharia) Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- MACHADO, C.; MIRANDA, F. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão**. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- MATAVELLI, A.C. (2013). **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo como requisito para obtenção do título de Engenheiro Químico. Área de concentração: Engenharia Ambiental. Orientador: Prof. Alexandre Eliseu Stourdze Visconti.
- MÁXIMO, Mariana de Moraes; DALRI, Thais Silveira. **Análise de custos da implantação de tecnologias sustentáveis em residências populares**. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.
- REIS, Lineu Bélico dos. **Geração de energia elétrica**. 2. ed. rev. Barueri, SP: Manole, 2011.
- RELLA, Ricardo. Energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista de Iniciação Científica, Criciúma**, v. 15, n. 1, 2017. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/iniciacaocientifica/article/download/2937/3530>. Acesso em: 10 mai. 2023.
- SILVA, R. M. **Energia Solar: dos incentivos aos desafios**. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015.

O livro apresenta vários estudos da engenharia ambiental, engenharia produção, engenharia mecânica, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica e engenharia química, onde abordam temas sobre processo produtivo, manutenção industrial, computação, comunicação, redes, IoT, resíduos sólidos, indústria 4.0, segurança do trabalho, sustentabilidade, projeto, dentre outros.

