

ISSN

**Anais do Seminário  
de Pesquisa e Iniciação  
Científica - UBM**



**ÁREA DE ENGENHARIA  
v.4, n.1, 2021**





**Associação Barramansense de Ensino Superior – SOBEU**

**Mário Sila Álvaro Chaves**

Reitor

**Haroldo de Carvalho Cruz Júnior**

Pró-reitor Acadêmico

**Carlos Frederico Theodoro Nader**

Pró-reitor Administrativo

**Maria Aparecida de Athayde Cruz**

Pró-reitora Comunitária

**Sheila Rodrigues Dias Filgueiras**

Diretora Acadêmica

**Florência Cruz da Rocha Ebeling**

Coordenadora de Graduação

**Rosali Gomes Araújo Maciel**

Coordenadora de Pós -Graduação

**Rosa Maria Maia Gouvêa Esteves**

Coordenadora de Pesquisa

**Suzylene Jacot Santiago**

Coordenadora do Sistema de Bibliotecas UBM



**COMISSÃO CIENTÍFICA DO SEMINÁRIO DE PESQUISA E INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Adriana Carvalho Nascimento  
Prof. Dr. André Luiz Faria Couto  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Barbara Louise Lemos Drumond  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carla Gorni  
Prof. Dr. Dener Martins dos Santos  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Geise Ferreira Mariné Oliveira  
Prof. Dr. Igor Cunha Cardoso  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Janaína da Soledad Rodrigues  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Laura Iglesias de Oliveira  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana de França Oliveira  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marcela Dupont Soares  
Prof. Dr. Marcos Fernando da Silva  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Morgana Paiva Valim  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Neide Mara Menezes Epifânio  
Prof. Dr. Pedro Luis Millen Penedo  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Célia Pereira Werneck de Freitas  
Prof. Dr. Roberto Alves Garcia  
Prof. Dr. Roberto Laureano Melo  
Prof. Dr. Ronaldo Câmara Cavalcanti  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosa Maria Maia Gouvêa Esteves  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simone Pontes Xavier Salles  
Prof. Dr. Tiago Brandão Costa  
Prof. Dr. Victor Maximiliano Reis Tebaldi



**COMISSÃO ORGANIZADORA DO IV SEMINÁRIO DE PESQUISA E INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA – 2020**

Profa MSc. Ana Maria Dinardi Barbosa Barros  
Prof.<sup>a</sup> MSc. André Luís de Oliveira Coutinho da Silva  
Prof.<sup>a</sup> MSc. Maricineia Pereira Meireles da Silva  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosa Maria Maia Gouvêa Esteves

**Secretária do IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica**  
Edelquim Maria de Lassalette Faria Gavião

**Suporte Tecnológico**  
Núcleo da Tecnologia da Informação

**Responsável pelo Open Journal Systems**  
Sérgio Luís de Aguiar

**Projeto Gráfico e Transmissão nas Redes Sociais**  
Assessoria de Marketing e Comunicação

**Diagramação, Formatação e Revisão - Anais**  
Profa. MSc. Ana Maria Dinardi Barbosa Barros



## **APRESENTAÇÃO**

A ideia deste ebook nasceu da necessidade de abrir espaço para a publicação das pesquisas e de relatos das práticas do cotidiano das formações oferecidas pelo UBM.

A partir desse desejo de divulgar os resultados de iniciação científica e das pesquisas existentes nos cursos de graduação e nos Núcleos de Pesquisa é que o Centro Universitário de Barra Mansa, desde 2018, oferece à comunidade interna o primeiro Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica.

Como resultado desse evento tem-se aqui produções científicas, de nossos jovens graduandos, organizadas por área de conhecimento: Ciências Sociais/Artes, Engenharia e Saúde.

Este ebook trata-se da compilação de artigos, resumos expandidos e relatos de experiência da área de Engenharia .

Em relação aos textos publicados aqui, optamos pela manutenção de estilo de escrita dos acadêmicos em função de termos como principal objetivo o fomento a essas produções e, como incentivo, a sua publicação. Esperamos contribuir significativamente para o processo de sistematização e produção de conhecimento em cada leitor, pois entendemos que os diferentes textos apresentados podem trazer diversas linhas de pensamento e pareceres a respeito de assuntos variados.  
Coordenação de Pesquisa

**Coordenação de Pesquisa**



## **SUMÁRIO**

<b>A FORÇA DA MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO</b>	<b>01</b>
<b>A VIABILIDADE DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA</b>	<b>21</b>
<b>ALTA DISPONIBILIDADE EM REDES DE COMPUTADORES</b>	<b>33</b>
<b>ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE EXAUSTORES NAS LINHAS DE RECOZIMENTO CONTÍNUO</b>	<b>46</b>
<b>COMPÓSITOS DE RESINA EPOXI COM ADIÇÃO DE PÓ DE VIDRO PARA CONFEÇÃO DE PLACAS PARA CIRCUITO INTEGRADO DESENVOLVIMENTO DE (PCI)</b>	<b>61</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE CORREIA TRANSPORTADORA INDUSTRIAL</b>	<b>76</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DE PÓRTICO ROLANTE CAPACIDADE 15 TONELADAS</b>	<b>100</b>
<b>DIMENSIONAMENTO DO ELEVADOR DE ACESSIBILIDADE COM CAPACIDADE DE 300 KG</b>	<b>127</b>
<b>ENERGIA SOLAR: REDUÇÃO DE CUSTO COM ENERGIA RENOVÁVEL</b>	<b>141</b>
<b>ENERGIAS RENOVÁVEIS: ESTUDOS SOBRE GERAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA</b>	<b>156</b>
<b>ENSINO À DISTÂNCIA: UMA FERRAMENTA DE INCLUSÃO SOCIAL</b>	<b>171</b>
<b>ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS: Um ESTUDO DE VIABILIDADE</b>	<b>181</b>
<b>ESTUDO DE CASO: GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FONTES RENOVÁVEIS</b>	<b>189</b>
<b>ESTUDO DE VIABILIDADE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED PARCIAL NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA UBM</b>	<b>202</b>
<b>ESTUDO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA HELIOTÉRMICA</b>	<b>216</b>
<b>ESTUDO SOBRE A ADIÇÃO DE COMPÓSITOS DE FIBRAS ORGÂNICAS PARA MELHORIA DE LUVAS TÉRMICAS DE PROTEÇÃO</b>	<b>234</b>
<b>MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA SUBSTITUIÇÃO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>249</b>
<b>PARA SOL AUTOMATIZADO</b>	<b>259</b>
<b>QUEIMA EXCESSIVA DE MOTORES DE TRAÇÃO DE UMA MÁQUINA RETOMADORA</b>	<b>270</b>



<b>SUBESTAÇÃO DE MÉDIO PORTE</b>	<b>287</b>
<b>SUBSTITUIÇÃO DE UM ARMÁRIO ACIONADOR DE UMA ENROLADEIRA DE BOBINAS DE AÇO: PROCESSO DE MATERIAL COM TENSÃO ACIMA DE 6 TONELADAS</b>	<b>302</b>
<b>UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA EM BASE E SUB-BASE DE UMA PAVIMENTAÇÃO</b>	<b>311</b>
<b>UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL (OEE) APLICADO EM TORNEARIA COM BASE EM SEU PLANO DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO</b>	<b>318</b>
<b>VEÍCULO TIPO BAJA SAE PARA COMPETIÇÕES: DIMENSIONAMENTO DA MOTORIZAÇÃO E TRANSMISSÃO</b>	<b>338</b>
<b>VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM PRÉDIOS DA COHAB</b>	<b>363</b>
<b>VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>384</b>



**A FORÇA DA MOTIVAÇÃO PARA O TRABALHO  
THE STRENGTH OF MOTIVATION FOR WORK**

**Patrick Allán de Oliveira Kato<sup>1</sup>  
Vinicius Leal Menezes<sup>2</sup>  
Pedro Gabriel Matos de Santana<sup>3</sup>  
Zilmar Alcântara Júnior<sup>4</sup>**

**RESUMO**

O trabalho a seguir refere-se a uma revisão bibliográfica acerca do tema da motivação para o trabalho, sendo ele remunerado ou não, com o objetivo de... . Por meio deste pôde-se entender como a visão sobre a motivação mudou ao longo do tempo, como o ser humano se utiliza dela para suas atividades diárias, e utilizando os modelos de Barret e Maslow, foi possível compreender fatores que levam à motivação. Além disto foi mostrado como as empresas, com ou sem fins lucrativos, e indivíduos pode utilizar a motivação a seu favor, a fim de alcançar os objetivos presentes no dia a dia e metas pré-estabelecidas. O artigo também trata da importância do trabalho voluntário dentro das empresas, expondo exemplos práticos e bem sucedidos de como estas podem colocar em prática tais ações. Conclui-se que a motivação tem o poder de mover pessoas e organizações para um bem além do financeiro e do próprio ego, dando um significado maior para missões e atividades, sendo elas remuneradas ou não, dando a oportunidade de impactar a sociedade passando para ela a ideia do bem maior, uma ideia do que é bom para o indivíduo também deve ser bom para o seu semelhante.

**Palavras-Chave:** Motivação. Força de trabalho. Voluntariado. Autoconhecimento. Solidariedade.

**ABSTRACT**

The following work refers to a literature review on the theme of work motivation, whether it is paid or not, with the aim of... . Through this, it was possible to

<sup>1</sup> Discente. Curso de Engenharia de Produção – NUPIDE - Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: patrickallankato@gmail.com.

<sup>2</sup> Discente. Curso de Engenharia de Produção – NUPIDE - Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: vlealme98@gmail.com.

<sup>3</sup> Discente. Curso de Engenharia de Produção – NUPIDE - Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: pedroga8995@gmail.com.

<sup>4</sup> Docente Mestre. Engenharia de Produção – NUPIDE - Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: zilmar.alcantara@ubm.br.





understand how the view on motivation has changed over time, how human beings use it for their daily activities, and using the models of Barret and Maslow, it was possible to understand factors that lead to motivation. In addition, it was shown how companies, for-profit or non-profit, and individuals can use motivation in their favor, in order to achieve the goals present in their daily lives and pre-established goals. The article also deals with the importance of volunteer work within companies, exposing practical and successful examples of how they can put such actions into practice. It is concluded that motivation has the power to move people and organizations to a good beyond the financial and the ego itself, giving greater meaning to missions and activities, whether paid or not, giving the opportunity to impact society by moving to it the idea of the greater good, an idea of what is good for the individual must also be good for his fellow man.

**Keywords:** Motivation. Workforce. Volunteering. Self Knowledge. Solidarity.

### 1 INTRODUÇÃO

O trabalho voluntário é um serviço de alta importância socialmente, pois leva ajuda e suporte a pessoas que passam por algum caso de vulnerabilidade social, sejam estes em forma de alimento, conhecimento, respeito, cuidado ou até cidadania, e no ano de 2020 com a pandemia de covid-19 a importância desse tipo de serviço passou a ser maior ainda, pois as dificuldades vividas aumentaram, com pessoas perdendo entes queridos, perdendo suas formas de sustento, e com isso por todo o mundo serviços voluntários foram surgindo, sejam eles dentro de uma empresa ou não. Nesse sentido faz-se necessário entender e conhecer mais sobre motivação das pessoas para ingressarem em um trabalho de voluntariado e como ela impacta a vida de um indivíduo dentro de uma organização e na sociedade de modo geral.

Este artigo teve como objetivo expor uma relação entre os temas motivação e força de trabalho, quer seja esta voluntariada ou remunerada. Teve ainda como objetivos específicos conceituar os principais termos referentes ao tema; associar aspectos motivacionais aos pensamentos propostos por Maslow e Barret; e apresentar alguns casos empresariais de fomento ao trabalho voluntário.

Foi utilizada como base metodológica a pesquisa bibliográfica feita por meio de uma revisão de literatura do tipo narrativa, que conforme Cauchick (2019) consiste em revisões seletivas que não necessariamente visam a busca



exaustiva por toda fonte literária acerca de determinado tema e podendo ainda não explicar em detalhe como o processo de revisão ocorreu. Foram consultados assuntos acerca do tema principal em fontes bibliográficas como livros, artigos científicos e também em sítios eletrônicos (websites) corporativos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 MOTIVAÇÃO NAS ORGANIZAÇÕES

#### 2.1.1 O que é motivação?

A motivação é o que faz com que cada indivíduo tome ações que o façam atender suas necessidades, desejos, objetivos e metas, colocando seus pontos fortes para atingir um objetivo estipulado. (Bergamini,2018).

À respeito das origens da palavra motivação, Bergamini também diz que:

Pesquisando-se a origem etimológica do termo motivação, descobre-se que ele contém aquilo que é básico e mais importante. A palavra motivação deriva originalmente da palavra latina movere, que significa mover. Essa origem da palavra encerra a noção dinâmica de ação, que é a principal característica do comportamento motivacional que representa o processo a partir do qual as pessoas entram em ação. (BERGAMINI, 2018).

#### 2.1.2 Motivação ao longo do tempo

De acordo com Bergamini (2018), faz algum tempo que os administradores deixaram de acreditar que a motivação pode ser estimulada através de prêmios e/ou ameaças de punição. Tudo que poderia ser usado para estimular as pessoas a terem maior produtividade foi procurado e pesquisado. Na Teoria da Administração Científica de Taylor, foi dito que se estipulasse um valor a ser pago para o empregado pelas peças produzidas, mas nesse trecho muitos entenderam que o dinheiro aumentaria a produtividade, mas não foi nesse sentido que Taylor tinha descrito.

Para Bergamini (2018), antes da Revolução Industrial, o normal era se utilizar de ameaça de punição para motivar os trabalhadores, o que gerou o medo nos colaboradores. Após a Revolução Industrial lançou-se a ideia de oferecer mais segurança financeira para quem trabalhasse mais, utilizando o que foi proposto por Taylor, pagar por peça produzida, o que faria o trabalhador produzir mais. E o trabalho passou a ter como objetivo prover o sustento das famílias e só.



“Taylor considerava que a única motivação do assalariado era o salário”. (BERGAMINI, 2018).

Bergamini (2018) diz que, em 1911 surgiu alguns executivos que tinham como base a Administração Científica e idealizavam que se conseguissem atender a duas necessidades básicas, conforto físico e segurança no trabalho, atingiram outro patamar de produtividade. Essa ideia fez com que os cargos fossem melhor desenhados e as atividades de trabalho mais básicas e repetitivas, quem trabalhasse mais, receberia mais dinheiro, deixando o conceito de motivação muito raso.

Esse conceito de recompensas financeiras como o maior fator motivacional foi sendo implementado, mas não foi duradouro, pois surgiram outros problemas, pois os trabalhadores estavam escolhendo seus empregos com base no salário e não no que gosta ou tem aptidão. Com isso outros pesquisadores foram trazendo mais fatores que podem estimular a motivação, se para Taylor o salário era a única fonte de motivação para o trabalhador, para Mayo a melhor forma de motivar era dar atenção a interação social dos trabalhadores e o reconhecimento do valor de cada um. Já para Douglas McGregor a auto realização é mais um fator para o estímulo da motivação. Vários estudiosos foram acrescentando fatores que podem levar a motivação. (BERGAMINI, 2018).

### **2.1.3 Motivação é individual**

À respeito da motivação, Bergamini (2018) insinua que, como o próprio nome diz é o que motiva um ser a tomar alguma ação, mas nem toda ação tem alguma motivação. Uma ideia divulgada por alguns Manuais de Administração de Recursos Humanos, falava que o empregado deveria ser administrado da mesma forma que se faz com um insumo produtivo, mas essa ideia não levou em conta que dentre todas as coisas que compõem uma empresa, só o ser humano tem a livre escolha.

Cada indivíduo é condicionado à motivação por um conjunto diferente de fatores que combinados trazem à tona sua motivação. Cada empregado tem em si potenciais forças motivacionais, portanto a organização deve trabalhar para destravar esses potenciais e não desmotivar seu funcionário. Para Vergara a



motivação vem de dentro de cada pessoa, o papel que os outros têm para fazer é estimular e incentivar essa motivação. (BERGAMINI, 2018).

Pelo fato de ser uma matéria tão subjetiva a motivação não pode ser medida e também não é palpável. (BERGAMINI, 2018).

### **2.1.4 A falsa motivação**

Quando a produtividade aumenta depois de algum incentivo financeiro, as pessoas aceitam que isso é um fator de grande importância, mas, no entanto, receber mais não significa estar mais motivado, mas como isso gera resultados rápidos, essa ideia foi rapidamente difundida. Para Deci, E. L. (1998), o dinheiro é muito importante, por isso as pessoas se forçam a trabalhar em funções que não gostam e acabam por perder a motivação intrínseca, esse é o grande fator de risco de defender o dinheiro como principal fator motivacional.

A motivação e a felicidade ficam mais fácil de serem alcançado quando se tem a autossatisfação no topo. (BERGAMINI, 2018).

### **2.1.5 Autoconhecimento na Organização**

Cada pessoa sabe o que gosta, o que a motiva, suas necessidades, seus objetivos e metas, e quando suas necessidades interiores não estão sendo atendidas causa desequilíbrios emocionais e cabe as organizações a manterem o equilíbrio emocional de seus colaboradores para que não haja queda de motivação e por consequência a queda de produtividade. A organização não deve agir para moldar seu empregado para sua visão de empresa, ela deve trabalhar em selecionar aquele indivíduo que se encaixa em sua visão. (BERGAMINI, 2018).

## **2.2 IDEIAS DE MASLOW E BARRET**

### **2.2.1 Pirâmide de Maslow**

Os níveis de conhecimento estão relacionados aos propósitos do pessoais e dos momentos de vida atual. Cada pessoa tem um propósito de vida, ou seja, algo que motiva essas pessoas e esses propósitos podem mudar conforme o tempo e conforme a satisfação dos mesmos. Os níveis de consciência de Richard Barret tratam exatamente sobre isso, no entanto para



entender melhor sobre esse assunto é importante se fazer uma compreensão a respeito da pirâmide de Maslow, essa pirâmide foi criada para demonstrar quais são as necessidades humanas e como funciona a mudança de necessidades que temos.

Na figura 1 é possível observar a Pirâmide de Maslow com seus respectivos níveis.

**Figura 1: Pirâmide de Maslow**



**Fonte:** CHIAVENATO (2009, p.53)

A teoria de Maslow propõe que os fatores de satisfação do ser humano dividem-se em cinco níveis dispostos em forma de pirâmide. A teoria de Maslow propõe que os fatores de satisfação do ser humano dividem-se em cinco níveis dispostos em forma de pirâmide. A base desses níveis da pirâmide está associada às necessidades fisiológicas (comida, água, sono, sexo, respiração), são as necessidades primárias do indivíduo, são instintivas e já nasceram com os indivíduos e estão situadas no nível mais baixo. No nível acima da base temos as necessidades de segurança, são as necessidades de proteção contra ameaças, de segurança íntima, de proteção contra doenças, desemprego, de família, da moralidade e da moradia. No terceiro nível temos as necessidades sociais, que são as necessidades de amizade, afeto e interação social. No quarto nível se encontra as necessidades de estima, sendo elas as necessidades de estima tanto por indivíduo como por parte dos outros. No quinto nível (topo da pirâmide) estão as necessidades de auto realização, classificadas como as necessidades mais elevadas e originam-se da cultura e da educação da pessoa. Sisodia, R. S., Sheth, J. N. e Wolfe, D. B.



(2008, p. 137) apontam que “Maslow descreve pessoas auto realizadas como aquelas que atingiram alto nível de maturidade, saúde e autossatisfação”.

É possível perceber uma curiosidade nessas necessidades, essa curiosidade é o fato de todos os níveis tratarem sobre o eu, em outras palavras o ego, essa é uma característica da pirâmide de Maslow e como foi dito as suas necessidades mudam conforme você alcança certo nível. (HALLAK; RODRIGUEZ; LIMEIRA, 2011).

### **2.2.2 Modelo de Barret**

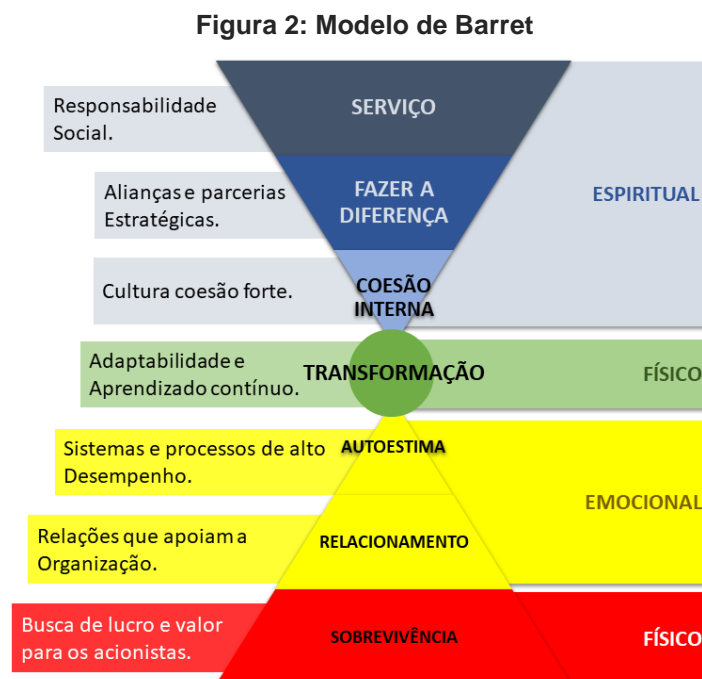
O modelo de Barret é formada com 7 níveis, começando pelo nível das necessidades primordiais, que é a necessidade de sobrevivência, ou seja, de você estar bem de saúde, possuir um lar para morar, alimentação digna, segurança física e outros. Após a conquista dessas necessidades, nós seguiríamos para o nível acima, que é a necessidade de relacionamento, isso é, a necessidade de pertencer a algum grupo, como os colegas de trabalho, amigos e família. O terceiro nível então será buscado quando nós saciarmos nossa necessidade de relacionamento, esse terceiro nível é a autoestima, ou seja, a nossa necessidade de estar bem consigo mesmo, de conquistar elogios e ser reconhecido pelas pessoas ao nosso redor. O nível de consciência de Richard Barret mostra que existem mais 4 níveis de consciência que se pode alcançar após realizar os outros três anteriores. Os outros níveis diferentemente dos anteriores se tratam mais do bem comum invés do eu. O primeiro nível após o terceiro é o nível quatro, que é chamado de transformação, essa transformação é a mudança de pensamento que o indivíduo alcança quando ele deixa de pensar somente em si e passa a pensar no bem comum. O quinto nível é a coesão interna, quando nós passamos a buscar um sentido para nossa vida e entender qual é o nosso propósito no mundo. Após sentirmos que entendemos qual é o nosso propósito seguiremos para o próximo nível que é o nível 6. O nível 6 que é chamado de fazer a diferença, como o próprio nome diz é quando sentimos a necessidade de fazer a diferença na vida de alguém, ou seja, ajudar uma pessoa próxima como um amigo ou familiar. O nível subsequente é o nível 7, esse é chamado de serviço é a necessidade de ser prestativo para mais pessoas como a nossa comunidade e o mundo inteiro em



si. A pessoa teria a necessidade de pertencer a um grupo de trabalho voluntário e servir as pessoas.

Esse estudo é muito interessante pois mostra como as necessidades e motivações funcionam em nossa vida no sentido de mover nossas ações e como essas motivações podem mudar ao longo do tempo. (HALLAK; RODRIGUEZ; LIMEIRA, 2011).

Na figura 2 é possível observar como é a estrutura do modelo de Barret.



**Fonte:** Modelo de Barret. Disponível em: <https://www.rheis.com.br/post/sete-n%C3%ADveis-de-consci%C3%A2ncia-organizacional>

### 2.2.2.1 Modelo de Barret para motivar os colaboradores

Mesmo nos dias de hoje existem empresas que ainda não sabem como motivar seus colaboradores. Sirota, D., Mischkind, L. A. e Meltzer, M. I. (2006, n.p.) afirmam: “A maioria das empresas faz tudo errado. O que nos leva à conclusão de que elas não precisam realmente aprender a motivar seus funcionários. Apenas devem parar de desmotivá-los.” Parar de desmotivar então seria o primeiro passo para começar uma cultura de motivação. Em inúmeras empresas as pessoas estão em um estado onde se sentem estagnadas e sem perspectiva de crescimento e esse é um dos grandes riscos presentes nas organizações nas quais as pessoas não se sentem motivadas o suficiente.



Sisodia, R. S.; Sheth, J. N.; Wolfe, D. B. (2008, p. 214) afirmam que a “energia organizacional é gerada e liberada quando as pessoas são estimuladas emocional e intelectualmente pela visão e pelos valores da empresa”. Logo o clima organizacional deveria ser caracterizado por entusiasmo e alegria, afim de fazer as pessoas terem prazer de fazer parte do time. Quando essa interação é ruim, fica evidente a falta de energia do comportamento, caracterizado “pela apatia, pela inércia, pela rigidez e pelo cinismo”, que compõem o quadro típico da falta de motivação. Esse estudo poderia se jogar importante para as empresas pelo fato de ajudar as empresas a entenderem um pouco de como funciona a mente humana e usar essas informações para motivar os colaboradores, a partir da melhoria do clima organizacional.

Seguindo a lógica da pirâmide a empresa deve fornecer segurança física e estabilidade para satisfazer a necessidade de sobrevivência. Bom ambiente de trabalho, no qual existe ética e estímulo para interações entre colaboradores, dessa forma saciar a necessidade de relacionamento. Sistema de avaliação e premiação aos bons desempenhos para tratar das questões de autoestima, pois sabemos que é bastante importante para o colaborador saber que seu trabalho está sendo visto e que o bom desempenho é elogiado. A transformação a empresa pode estar estimulando através de palestras e programas de ajuda, ou seja, promover conhecimento e estimular os colaboradores a virar essa chave e pensar também no bem comum.

Os níveis subsequentes que são coesão interna, fazer a diferença e serviço podem ser estimulados da mesma forma, criação de programas de ajuda a pessoas necessitadas, programas sociais e ambientais, logicamente incluindo os colaboradores nesses programas e assim despertando esse sentimento e colocando esses valores dentro dos seus funcionários. O objetivo dessas ações seria ter funcionários mais conscientes, motivados, alinhados com os valores organizacionais e funcionários que se sintam parte da empresa de fato. (BERGAMINI, 2018).

### 2.2.2.2 Modelo de Barret no crescimento da empresa

O Modelo de Barret também pode ser utilizado dentro da empresa para





que essa possa tomar decisões a respeito das direções que a empresa deve tomar, afim de garantir sua sobrevivência, atingimento dos objetivos e um lugar de destaque no cenário que ela atua.

O primeiro nível como já foi visto antes se trata do nível sobrevivência, para a empresa isso é a sua segurança financeira, ou seja, garantir que a empresa seja lucrativa o suficiente para se manter funcionando e para manter e agregar mais acionistas.

O próximo nível que é o relacionamento é atingido pela empresa quando ela tem constrói um relacionamento harmonioso com aqueles que estão envolvidos com ela (Stakeholders), por exemplo seus colaboradores, clientes, fornecedores, acionistas e a comunidade que é afetada diretamente pela empresa. Esse relacionamento harmonioso se trata de uma comunicação aberta, um serviço de qualidade e respeito perante aos que estão envolvidos com ela, já que os mesmos influenciam a empresa.

Autoestima é o terceiro e próximo nível do modelo de Barret, assim como para nós esse nível se trata de se sentir bem e realizado, para a empresa é o mesmo. Para a empresa se satisfazer nesse nível, ela precisa atingir uma eficiência organizacionais, em outras palavras ser produtiva, mas não somente ser produtiva, mas também ser eficiente e de qualidade.

O quarto nível é a virada de chave, o próprio nome diz isso (transformação) e é nesse nível que a empresa muda um pouco seus valores e passa a pensar mais na sociedade e no meio ambiente. Atualmente muitas empresas estão passando por esse momento, já que a sociedade e o governo atuais estão mais exigentes no que se refere a essa área.

O quinto nível do modelo é a coesão interna e se trata da construção de uma forte identidade cultural por parte da empresa. A identidade cultural é a visão e valores da empresa e possuir uma forte identidade é quando a empresa consegue realmente alinhar esses valores em seus colaboradores e tomar decisões que levam ao alcance dos objetivos que foram estipulados na visão. Após garantir essa identidade cultural a empresa segue para o sexto nível que é fazer a diferença. A empresa nesse momento busca por realizar trabalhos sociais com a comunidade ao redor da empresa e com seus colaboradores, afim de gerar um bem aos que estão em volta e dessa forma ajudar a manter uma boa



imagem para a empresa.

O último nível que é o sétimo é chamado de serviço e nesse nível a empresa trata a respeito da responsabilidade social da mesma. A empresa agora quer servir a humanidade e o planeta, dessa forma então ela passa a buscar meios de produzir mais limpos e serviços sociais espalhados pelo mundo. Como podemos perceber à medida que a empresa sobe de nível ela se fortifica, esse é o objetivo de todas as empresas e pode ser alcançado com o auxílio do modelo de Barret.

Para isso é necessário que a empresa já comece a englobar esse modelo desde o planejamento estratégico e que ela estipule metas, bem como meios para verificar o alcance dessas metas. Ao final teremos uma empresa forte, bem vista pela sociedade, mais produtiva e atraente para novos talentos e investidores. (HALLAK; RODRIGUEZ; LIMEIRA, 2011).

### 2.3 TRABALHO VOLUNTÁRIO COMO MECANISMO DE MOTIVAÇÃO E MELHORIA ORGANIZACIONAL

#### 2.3.1 Definição de trabalho voluntário

O trabalho voluntário é definido pela Lei 9.608/1998 como a atividade não remunerada prestada por pessoa física a entidade pública de qualquer natureza, ou a instituição privada de fins não lucrativos, que tenha objetivos cívicos, culturais, educacionais, científicos, recreativos ou de assistência social, inclusive mutualidade.

Para ser enquadrado no conceito da lei do voluntariado, o trabalho deve ter as seguintes características:

1. ser voluntário, ou seja, não pode ser imposto ou exigido como contrapartida de algum benefício concedido pela entidade ao indivíduo ou à sua família;
2. ser gratuito;
3. ser prestado pelo indivíduo, isoladamente, e não como “subcontratado” de uma organização da qual o indivíduo faça parte e, portanto, seja pela mesma compelido a prestá-lo; e
4. ser prestado para entidade governamental ou privada, sendo que estas devem ter fim não lucrativo e voltado para objetivos públicos.



### **2.3.2 Trabalho voluntário dentro das empresas**

Segundo AIESEC (2021) as empresas e organizações estão dando cada vez mais atenção aos temas relacionados à responsabilidade social, com o intuito de obter algumas vantagens no mercado promovendo e desenvolvendo programas e ações sociais, e estas vantagens almejadas pelas empresas é a imagem corporativa como sustentável e a integração dos colaboradores internos que podem auxiliar no fortalecimento da cultura organizacional.

A motivação é o ponto principal para compreender o que desperta nas pessoas a vontade de executar um trabalho voluntário, e também é essencial para que os programas sociais sigam adiante, pois pessoas motivadas são mais dedicadas e se comprometem mais doando seu tempo, esforço e talento para que os objetivos da empresa sejam alcançados. (AIESEC, 2021).

É importante deixar claro que o programa voluntariado, em uma empresa privada, não é necessariamente ligado a apenas a solidariedade com o próximo, pois diversas outras razões podem ser o motivo da participação nos programas, assim como a oportunidade do funcionário mostrar que está disposto a contribuir com a empresa e futuramente obter alguma vantagem ou até mesmo adquirir novas experiências. (AIESEC. 2021).

Os dados coletados de um artigo da UNIGRANRIO

auxiliaram a compreender que o programa de voluntariado é uma ferramenta para que as empresas se insiram no contexto de responsabilidade social, auxiliando no desenvolvimento local e trazendo para si novas responsabilidades e obtendo funcionários mais dedicados com a empresa, talvez por se sentir bem em trabalhar em um ambiente que contribui para o bem social ou por oferecer uma maior oportunidade de estar adquirindo novas experiências. E para que as empresas atinjam tais objetivos, é necessário realizar mudanças organizacionais que estimulem seus funcionários a quererem participar dos programas e ações voluntárias, podendo conceder um horário flexível para realizar as ações, aplicar uma gestão participativa em que os envolva nas tomadas de decisão com relação aos projetos, concedendo os recursos necessários para a realização da tarefa e outras medidas que envolvam os voluntários na causa, fazendo com que eles acreditem no que está sendo desenvolvido e fortaleça o comprometimento organizacional. (2011).

De acordo com o artigo da UNIGRANRIO

Os resultados alcançados partem da concepção de que quando uma ação voluntária surge do desejo de servir e dedicar um tempo ao próximo e recebe estímulo de uma organização séria e



empenhada em oferece o máximo de recursos garante maior importância, pois leva seguidores em prol da causa defendida.

Para isso, é necessário seguir alguns processos de implementação que fortaleçam o programa e atinja seus funcionários, assim como: 1) a reflexão da cultura organizacional, os valores que lá são compartilhados para que a mudança comece internamente, 2) formação da equipe gerenciadora; 3) alocação de recursos; 4) expandir a ideia do voluntariado a toda a organização; 5) identificar em que pontos a sociedade necessita de ajuda; 6) unir os objetivos da empresa, funcionário e comunidade; 7) implementar o programa; 8) valorize e reconheça o trabalho voluntário e 9) expandir para outras empresas a ideia de investir na sociedade como forma de fazer o trabalho crescer. (2011).

Ainda no artigo da UNIGRANRIO eles concluem que

O trabalho voluntário desenvolve o espírito solidário entre os que o realizam, mudando as suas atitudes e comportamentos e, ao mesmo tempo, as organizações estão compreendendo a importância deste trabalho para poder exercer a sua cidadania corporativa em busca de uma sociedade mais justa, neste sentido, cabe a cada uma delas, estimular e motivar aos seus funcionários para realizar tão nobre tarefa, a do voluntariado. (2011).

### **2.3.3 Programas voluntários dentro de empresas**

O trabalho voluntário é algo presente dentro de grandes empresas, tendo em vista que atualmente uma das tendências das empresas é ser vista como uma empresa parceira da sociedade e do meio ambiente. Tendo em vista então se enquadrar dentro desses parâmetros, grandes empresas estão colocando em prática o trabalho voluntário. Logo podemos perceber que um entendimento a respeito das motivações que movem as pessoas a participarem de trabalhos voluntários se torna benéfico para que as empresas saibam como motivar seus colaboradores a embarcarem nessa ideia, como exemplo dessa nossa visão de mercado temos grandes empresas como o Santander, Arcellor Mittal, Bosch, C&A e Carrefour. (AIESEC, 2021).

No portal AIESEC (Association Internationale des Etudiants en Sciences Economiques et Commerciales), foi possível encontrar alguns exemplos de trabalho voluntários que ocorrem dentro de empresa, seguem os exemplos.

#### **2.3.3.1 Santander**

No Santander (Logomarca 1) a criação desse programa se inicia em 1998 por iniciativa de alguns próprios colaboradores do banco, o Programa



Escola Brasil se transformou em uma prática corporativa. Através de parcerias com escolas públicas, são criadas ações de esportes, cultura, meio ambiente e geração de renda.

Até setembro de 2016, 4.501 voluntários participavam de 452 núcleos para atender a 274 escolas públicas de 166 cidades, em 22 estados do país.

### Logomarca 1: Santander



**Fonte:** Logomarca Santander. Disponível em:  
[https://logosmarcas.net/santander-logo/?\\_\\_cf\\_chl\\_jschl\\_tk\\_\\_=pmd\\_31f9adefcbb0042e20a1f9b9a97d00f8da398fd4-1629511353-0-gqNtZGzNAiKjcnBszQYi](https://logosmarcas.net/santander-logo/?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_31f9adefcbb0042e20a1f9b9a97d00f8da398fd4-1629511353-0-gqNtZGzNAiKjcnBszQYi)

### 2.3.3.2 Arcelor Mittal

Essa empresa que é a maior produtora de aço do mundo conta com o programa Pró-Voluntário que faz desde 2000, ações beneficentes como doações de sangue coletivas e campanhas de agasalho e de Natal. Para estimular os funcionários a participarem, a Arcelor Mittal (Logomarca 2) criou comitês locais.

### Logomarca 2: Arcelor Mittal



**Fonte:** Logomarca Arcelor Mittal. Disponível em:  
<https://pt.wikipedia.org/wiki/ArcelorMittal>

### 2.3.3.3 Bosch

Em 1971, o Grupo Bosch (Logomarca 3) fundou o Instituto Roberto Bosch, que foi criado com o objetivo de motivar os funcionários a participarem



de projetos voluntários, além disso eles investem anualmente cerca de R\$ 4 milhões em programas sociais.

Há ações que atendem necessidades básicas e estruturais de organizações e escolas parceiras da companhia por meio de gincanas e mutirões de peças, além da capacitação de jovens para serviços comerciais, administrativos e logísticos.

### Logomarca 3: BOSCH



**Fonte:** Logomarca Bosch. Disponível em:  
<https://anpei.org.br/parcerias-da-bosch-com-instituicoes-de-ensino-oferecem-novidades-ao-setor-automotivo/>

### 2.3.4 Fundação lochpe: programa Formare

A Fundação lochpe (Logomarca 6) desenvolve programas nas áreas de educação e cultura por meio de parcerias com instituições públicas e privadas desde 1989. É instituída como entidade sem fins lucrativos qualificada como Organização da Sociedade Civil de Interesse Público (Oscip), que se dedica a apoiar profissionais e empresas em suas ações de investimento social. Tem como mantenedora a lochpe-Maxion SA.

Com olhar prioritário na educação de crianças, adolescentes e jovens, a Fundação lochpe apoia ações de investimento social e atividades culturais, beneficiando mais de 120 mil pessoas em todo o Brasil. Os programas sociais, nos vários níveis do ensino básico, promovem o desenvolvimento integral de crianças e jovens. Buscam capacitá-los a exercer uma profissão, ampliar suas habilidades de expressão e comunicação e estimular sua criatividade, reforçando, assim, sua formação como cidadãos.

Com o Programa Formare o foco é a educação profissional. A Fundação



iochpe ainda é mantenedora do Instituto Arte na Escola (IAE), cuja missão é qualificar o ensino de artes no Brasil e promover a formação de professores da educação básica do país.

### Logomarca 6: Fundação IOCHPE



**Fonte:** Logomarca Fundação IOCHPE. Disponível em:  
<https://institutoabihpec.org.br/formare/>

#### 2.3.4.1 Programa Formare

O Formare (Logomarca 7) é um programa social de educação profissional para jovens de baixa renda. É baseado numa prática pedagógica inovadora, sintonizada com as transformações do mundo e as demandas do mercado de trabalho. Também tem como eixo o voluntariado empresarial.

O melhor ambiente de aprendizagem é a empresa. Os educadores mais atualizados são seus funcionários. Essa combinação é transformadora e gera forte impacto social: o Programa Formare é reconhecido por garantir alto índice de empregabilidade para seus alunos e promover cidadania entre empresas e comunidades.

Em um relato do presidente da Suzano, Walter Schalka no site do Formare, ele diz que

A atuação voluntária em prol da educação profissional de jovens ajuda a criar novas oportunidades para o futuro do Brasil. A cada nova turma do Formare vemos a construção de relações transformadoras entre funcionários e alunos. Todos os envolvidos aprendem que todos têm algo a compartilhar e aprender.

Em 2019 foi publicado um livro sobre o programa Formare da Volkswagen Caminhões e Ônibus de Resende, feito pela coordenadora do Formare na VWCO, e em conjunto com alguns ex alunos e professores voluntários, e neste livro contém alguns dados e informações muito boas para o assunto que estamos abordando.



O programa FORMARE Consórcio Modular Resende conta com 84 voluntários que atuam diretamente no programa, dos quais 10% (nove educadores) são ex-alunos. A proporção educador x aluno é de 5x1 e a proporção funcionários x educadores é de 48x1. Estes dados levantados estão levando em conta os números obtidos no ano da publicação do livro (2019).

Os dados abaixo foram levantados pelo programa FORMARE do Consórcio Modular Resende com uma amostragem de 82 voluntários.

Pode-se concluir através dos dados levantados na pesquisa utilizada no livro que 76% dos educadores estão ligados ao programa a mais de um ano.

Os fatores que mais levam as pessoas a procurar o voluntariado é:

- Convite de pessoas envolvidas com o programa;
- Prazer em ensinar, ajudar as pessoas.

E os fatores que mais mantém o educador voluntário ligado ao programa são:

- Solidariedade;
- Seriedade com que o programa é conduzido.

### Logomarca 7: Formare



**Fonte:** Logomarca Fundação IOCHPE. Disponível em:  
<https://institutoabihpec.org.br/formare/>

### 2.3.5 Benefícios para empresa e funcionários

Os benefícios do serviço voluntário vão para além do marketing da empresa e de como a empresa é vista, o serviço voluntário também traz melhoras no trabalho em equipe, integração social e solidariedade, isso leva também a uma melhora no ambiente organizacional trazendo melhoras de produtividade e eficiência. A melhora da comunicação interna na empresa também é um benefício para as empresas que têm um programa de serviço voluntário, isso ocorre pois, dentro desse programa, colaboradores de diversos





setores da empresa terão a oportunidade de interagirem entre si, criando laços e assim melhorando a comunicação interna. Também é perceptível um aumento da satisfação dos funcionários, pois esse serviço os fazem sentirem mais úteis e passa a sensação de estarem participando de algo muito maior do que eles que traz mudanças na sociedade. (AIESEC, 2021)

### **2.3.6 Como implementar**

Um programa de voluntariado deve ser bem planejado e bem divulgado para que os objetivos a que ele foi criado sejam atingidos e que todos dentro da organização possam se sentir bem-vindo para participar. O desafio da etapa do planejamento é envolver todos os setores da empresa desde o marketing até aos altos cargos. O setor de marketing é muito importante, pois ele pode observar oportunidades para a difusão do voluntariado ou então sugerir algum programa que já esteja acontecendo e que esteja dentro da missão, valores e posicionamento da empresa. Na etapa a seguir deve se focar em divulgar o programa dentro da própria empresa, e nessa etapa o setor de Recursos Humanos tem grande importância na comunicação interna e posteriormente na alocação dos interessados nas tarefas a serem realizadas. A comunicação interna tem um papel de extrema importância, pois o programa de serviços voluntários só irá acontecer com o ingresso dos funcionários, também se faz importante campanhas de conscientização internamente para que todos entendam a importância, para que todos os setores estejam envolvidos e para que treinamentos sejam oferecidos para aqueles que queiram participar. (AIESEC, 2021)

## **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A força de trabalho é sempre movida por um combustível chamado motivação, sem essa o trabalhador não encontra forças ou motivos para realizar qualquer função. Observou-se que esse combustível possui inúmeros tipos que se diferem entre si, por exemplo: Salários, benefícios, plano de carreira, elogios, vontade de crescer profissionalmente, sentimento de ser parte da empresa e outros tantos, logo existe uma forte relação entre motivação e força de trabalho. No trabalho voluntário a mesma situação se aplica, no entanto os motivos se



encontram mais agrupados na parte superior da pirâmide representada pelo modelo de Barret. Por meio do estudo a respeito dos modelos de Barret e Maslow foi possível conceituar os principais termos que circulam o tema e ainda fazer uma relação dos modelos com as empresas, mostrando como a motivação pode ser e é usada por grandes empresas na hora de realizar trabalhos voluntários que promovem a imagem da empresa, motiva os trabalhadores e principalmente ajuda quem precisa.

As empresas sem fins lucrativos ou aquelas que apesar de obter lucro possuem ações voluntárias podem utilizar o entendimento a respeito da motivação para trabalho voluntário, como um meio de agregar recursos para realizar essas ações, por exemplo; atrair mais pessoas para fazer parte do time e investir nessas ideias, atrair patrocinadores e incentivar mais empresas e pessoas a fazerem o mesmo através do exemplo. Através do estudo a respeito de trabalhos voluntários conclui-se que pessoas realizam esses trabalhos, pois, suas necessidades pessoais já não são sua única preocupação; entendem que é importante desenvolver um pensamento que envolve o bem comum. Tal motivação conduz a concluir também que a visão de mundo formada a partir daí trata de um senso de coletividade e que ações de ajuda à outras pessoas ocorrem sem que se tenha algum benefício imediato em troca do empenho dedicado voluntariamente.

### REFERÊNCIAS

AIIESEC. **Saiba como funciona o trabalho voluntário no Brasil**. 2021.

Disponível em: <https://aiesec.org.br/estender-500-palavras-saiba-como-funciona-o-trabalho-voluntario-no-brasil/> Acesso em: 16 ago 2021.

BERGAMINI, C. Whitaker. **Motivação nas organizações**. 7. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2018. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597017670/cfi/6/2!/4/2@0:0> Acesso em: 15 jun. 2021.

BHERING, Ana *et al.* **Nós somos a Formare**. Escola Formare consórcio modular. Resende: 2019.

CALDERÓN, Patrícia; RODRIGUES, Danielle; GOMES, Edmilson; ANDRADE, Grazielle; SILVEIRA, Leonardo. **A importância do voluntariado para exercitar a responsabilidade social nas empresas**. *In*: SEGeT - SIMPÓSIO



DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 8. 2011. *E-book*. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos11/45014793.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2021.

CAUCHICK, Paulo. **Metodologia científica para engenharia**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2019.

FORMARE. **Programa Formare**. 2021. Disponível em: <https://formare.org.br/> Acesso em: 19 ago 2021.

HALLAK, Beatriz R.; RODRIGUEZ, Martius; LIMEIRA, Maria. **Gestão do conhecimento e inovação nas empresas**. São Paulo, Brasil. Qualitymark, 2011.

REEVE, Johnmarshall. **Motivação e emoção**. 4. ed. São Paulo: Grupo GEN, 2006. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2366-3/cfi/0!/4/2@100:0.00>. Acesso em: 15 jun 2021.

TACHIZAWA, Takeshy. **Organizações não governamentais e terceiro setor - criação de ongs e estratégias de atuação**. São Paulo: Grupo GEN, 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597022186/cfi/6/2!/4/2/2@0:5.97> Acesso em: 16 jun 2021.

TRABALHO voluntário. *In*: GUIA Trabalhista, 2021. Disponível em: [http://www.guiatrabalhista.com.br/guia/trab\\_voluntario.htm/](http://www.guiatrabalhista.com.br/guia/trab_voluntario.htm/) Acesso em: 19 ago 2021.



## A VIABILIDADE DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

### THE AVAILABILITY OF WOOD FRAME IN BRAZILIAN CIVIL CONSTRUCTION

Joaquim Pereira<sup>1</sup>  
Marcela Soares<sup>2</sup>  
Jessyca Furtado<sup>3</sup>  
Verônica Landim<sup>4</sup>

#### RESUMO

A Construção Civil vem crescendo cada vez mais e é preciso atender uma grande demanda e, ao mesmo tempo, visar qualidade, conforto, agilidade, resistência, economia e ainda ter comprometimento com o meio ambiente. O Wood Frame é uma técnica construtiva muito interessante pois utiliza perfis de madeira reflorestada e placas estruturais para construir casas de até 5 pavimentos. No entanto, no Brasil, ainda existe um preconceito relacionado ao uso da madeira na construção civil, gerado por falta de conhecimento, má utilização da madeira ou ainda por falta de uma normalização. Desta maneira, o objetivo é apresentar as características técnicas, propriedades e vantagens do material, avaliando a viabilidade da madeira, além de abordar etapas do processo, materiais e normas. Para isso, utilizamos pesquisas através de livros, artigos, monografias e sites da internet. Por fim, através destes estudos, espera-se contribuir para o conhecimento e implementação do wood frame no Brasil, pois trata-se de um método sustentável, rápido e eficiente.

**Palavras-Chave:** Wood Frame. Construção civil. Técnica construtiva. Perfis de madeira.

#### ABSTRACT

The civil construction has been expanding each day and there is a big demand to be met, while it still needs to offer quality, comfort, resistance, to be affordable and have a commitment with the environment. Wood Frame is a very interesting construction technique, because it uses reforested wood profiles and structural plates to build houses with up to 5 pavements. However, in Brazil, there is still a prejudice around the use of wood in civil construction, generated by a lack of knowledge, poor handling of the wood or even by the lack of a normalization. In this way, the objective is to present the technical characteristics, properties and advantages of the material, evaluating

---

<sup>1</sup> Docente – Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: Joaquim.pereira@ubm.br

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: celasoares2@hotmail.com

<sup>3</sup> Discente - Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: jessyca.furtado@outlook.com

<sup>4</sup> Discente - Curso de Engenharia Civil - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: veronica.landimsas@gmail.com



wood's viability, besides addressing the steps of the process, materials and norms. For that, we researched through books, articles, monographs and websites. At last, through those studies, it's hoped to contribute to the knowledge and implementation of Wood Frame in Brazil, since it's a sustainable, quick and efficient method.

**Keywords:** Wood Frame. Civil construction. Construction techniques. Wood profiles.

## 1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo o Wood frame já é uma técnica usada na América do Norte e Europa, foi rapidamente utilizada como sistema de construção predominante pois alia rapidez, praticidade, tecnologia e sustentabilidade, tendo em vista que a construção civil é um dos setores que mais geram resíduos, sem a possibilidade de reaproveitamento, e consomem energia, no wood frame é possível diminuir consideravelmente o desperdício de materiais, além de se utilizar a madeira que é um material renovável.

Já o que ocorre no Brasil é uma realidade diferente, o principal método construtivo ainda é a alvenaria, pois muitas pessoas possuem a ideia de que este método é mais seguro, durável e econômico, assim, ainda não acreditam na eficiência e segurança de um imóvel construído em madeira. Porém o país possui a necessidade de buscar novas matérias primas, e possui uma grande disponibilidade de áreas de reflorestamento, desta forma o wood frame pode ser visto como um ótimo método construtivo.

O wood frame permite a construção de casas de até 5 pavimentos, com rápida execução. O sistema é leve o que traz benefícios econômicos para edificações e oferece praticidade, pois qualquer forma ou estilo de construção pode ser construído facilmente, além disso, os perfis são de fácil manuseio, o material é disponível, e as habilidades e ferramentas requeridas para construção são facilmente adquiridas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 WOOD FRAME – DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS

No Brasil há uma dificuldade de visualizar a madeira como uma solução para a construção de residências, existe um receio na população por conta da falta de conhecimento mesmo com o método sendo utilizado em países da América do Norte, Europa e Ásia por muito tempo.



O termo Wood-Frame vem do inglês e significa estrutura de madeira. O método utiliza perfis leves de madeira para criar casas e edificações com até 5 pavimentos. Este material é capaz de resistir a cargas transmitidas na vertical e horizontal e transmiti-las para a fundação, além disso a madeira utilizada no processo é de reflorestamento, tornando o sistema sustentável.

Para a estrutura e vedação são utilizadas peças de madeira, já no revestimento e contraventamento de paredes, lajes e coberturas podemos utilizar os painéis de OSB (*Oriented Strand Board*), que são painéis estruturais compostos por madeira reflorestada. De acordo com a LP BRASIL LTDA, (2013) O OSB é prático e resistente, servindo de reforço para paredes de Drywall, permitindo a fixação de cargas suspensas em qualquer ponto da parede, não havendo a necessidade de encontrar os montantes (pilares de madeira), também sendo utilizados para decoração de interiores.

### 2.2 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO E AGENTES BIOLÓGICOS

Para garantir a durabilidade e resistência do wood frame, é necessário que ocorra um bom tratamento da madeira. Quanto ao risco de incêndio, é possível tratar a madeira com aplicação de materiais retardantes, pintura intumescentes, aditivos antichamas, entre outros. Além disso, apesar da madeira ser um material combustível, ela apresenta um ótimo desempenho quanto a resistência estrutural ao fogo, demorando mais para colapsar quando comparada ao aço e concreto, segundo Pinto (2001 *apud* SILVA, 2015) o perímetro externo da madeira é carbonizado primeiro, deixando seu interior aparentemente intacto.

Segundo Bolsoni (2020) O sistema Wood Frame possui um revestimento interno, feito geralmente de gesso acartonado, no qual acaba retardando a ação do fogo, já em lugares extremos onde se torna difícil a saída dos ocupantes, a norma pede que se aumente as camadas de gesso acartonado.

Em relação aos agentes biológicos que podem deteriorar a estrutura, como fungos e insetos, é utilizado o pincelamento, aspersão e pulverização como tratamento.

Segundo Bolsoni (2020), quando se trata de cupins, “todo o resto de madeira de obra e até mesmo raízes precisam ser descartados durante o processo de terraplanagem. Nunca aterre sobre madeira e raízes, são alimentos para cupins.”



Ainda de acordo com Bolsoni (2020), os cupins possuem comportamentos parecidos com as formigas, indo de vizinho a vizinho, por isso também é importante chamar uma empresa de controle de pragas para fazer uma barreira química contra o cupim.

### 2.3 VANTAGENS

As Vantagens do uso da madeira, segundo Marques (2008 apud Do Amaral, 2018), pode ser caracterizado por:

Produto de origem natural – Seu manejo e extração podem ser feitos de maneira segura, pois, as árvores nos quais a madeira é originada, não são exóticas.

Renovável – O plantio de florestas legalizadas cresceu muito nos últimos tempos, assim, a extração deste material é feito de maneira legal, sem comprometer recursos naturais.

Reutilizável – A mesma madeira pode ser utilizada diversas vezes.

Durabilidade – Se tratada com sais especiais torna-se imune a agentes físicos e biológicos, além de apresentar uma durabilidade alta quando comparada com outros materiais.

Fácil manuseio – Sabemos que as estruturas em madeira exigem uma mão de obra especializada, porém pode-se trabalhar de diversas formas e com ferramentas simples.

Isolamento térmico – O material ajuda a impedir a passagem de calor fazendo com que o ambiente fique devidamente climatizado.

Velocidade - Ajuda no prazo de entrega, que torna uma vantagem para empreendedores que precisam da obra pronta em um curto período de tempo.

### 2.4 DESVANTAGENS

Segundo Marques (2008 apud AMARAL, 2018), as desvantagens apontadas são:

Fácil combustão – quando não tratada.

Material vulnerável – quando não tratada, a madeira acaba ficando exposta a agentes externos.

Dimensões limitadas – seção transversal restrita e formas alongadas.

Limitação de uso até no máximo 5 pavimentos.



Falta de mão de obra qualificada.

Falta de conhecimento por parte da população.

Segundo Amaral (2018) “com o conhecimento das propriedades da madeira, foi possível criar meios de anular seus efeitos naturais, fazendo com que a mesma fosse reconhecida como produto moderno na construção civil. “

## 2.5 PROPRIEDADES

### 2.5.1 Propriedades organolépticas da madeira

Para Moreschi (2012) “são aquelas que impressionam os órgãos sensitivos, sendo elas: cor, grã, textura e desenho que se apresentam no material, bem como odor e sabor, e são diretamente ligadas ao seu valor decorativo”

### 2.5.2 Massa Específica (Densidade)

Segundo Zenid (2009 *apud* Amaral, 2018)) “a massa específica é um fato essencial, pois, ela está diretamente correlacionada com as demais propriedades tecnológicas e físicas da madeira.” Como exemplo, na classificação de madeiras duras e macias, uma madeira dura não é necessariamente um material mais denso e uma madeira mole não é um material menos denso. A densidade ainda está relacionada com as propriedades acústicas da madeira.

### 2.5.3 Umidade

Segundo Moreschi (2012) “o controle do teor de umidade da madeira é indispensável para que possamos utilizá-la de forma adequada.”

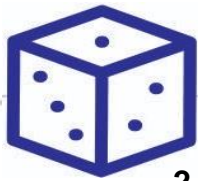
Ainda segundo Moreschi (2012) o teor de umidade também está relacionado com as propriedades mecânicas da madeira, com a trabalhabilidade, seu poder calorífico, sua suscetibilidade a fungos, entre outras propriedades de importância.

### 2.5.4 Condutividade Térmica da madeira

A condutividade térmica do material é a sua capacidade de conduzir o calor através de si próprio. A madeira possui uma condutividade térmica baixa, porém tem boas características de resistência.

Ainda segundo Moreschi (2012) “esta propriedade assume importância onde se pretende o isolamento de temperatura (calor ou frio) em edificações”





### 2.5.5 Expansão Térmica da madeira

De acordo com Moreschi (2012) grande vantagem da baixa expansão térmica, verifica-se principalmente no caso de incêndios, tendo-se em vista que peças estruturais de madeira se expandem menos que outros materiais de construção, diminuindo os riscos de desabamento.

### 2.5.6 Transmissão Térmica

A transmissão térmica é a medida do quão rápido um material pode absorver calor de suas imediações.

Segundo Moreschi (2012) “ devido à baixa condutividade, moderadas densidades e o próprio calor específico da madeira, a irradiação do calor neste material é muito menor que a de outros materiais, como por exemplo dos metais, pedras e tijolos.”

### 2.5.7 Propriedade Acústica

De acordo com Amaral (2018) “para que haja um bom isolamento acústico, o material a ser utilizado deve apresentar uma densidade elevada, pois, dificulta a passagem de ondas sonoras. “Assim, as madeiras com uma densidade alta apresentam eficácia melhor quando comparada com madeiras de baixa densidade.

### 2.5.8 Propriedades Mecânicas

As propriedades mecânicas da madeira, segundo Borges (2013 apud Do Amaral (2018)) podem ser definidas quando o material fica sujeito esforços de origem mecânica, sendo eles: Resistência a Compressão, Tração Flexão e Dureza.

## 2.6 ETAPAS CONSTRUTIVAS

### 2.6.1 Fundação

Feito pedido dos painéis com todas as medidas corretas para a construção, esses serão transportados para o local da obra para o início da instalação da estrutura, que é quem dará toda a sustentação do projeto.

De acordo com (MOLINA; CALIL JUNIOR, 2010) a estrutura principal utilizada nas casas em Wood framing é de madeira e distribui as cargas ao longo das paredes. Pelo fato da estrutura sobre a fundação ser leve e com cargas distribuídas ao longo das paredes, uma boa solução para a fundação é o radier ou ainda a sapata corrida.



### 2.6.2 Pisos

No piso do primeiro pavimento, aplicam-se as técnicas tradicionais da alvenaria.

Nos pisos superiores são utilizados decks, devidamente calculados para suportar os esforços da estrutura, constituídos por chapas de OSB e, considerando o OSB como contrapiso, pode-se aplicar carpetes, pisos engenheirados, preferencialmente flutuantes e com manta intermediária, de forma a garantir isolamento acústica a ondas geradas por impactos. Segundo Bolsoni (2020), “o revestimento final do piso pode ser feito com diversos materiais, tais como assoalhos de madeira, elementos cerâmicos ou carpetes.

### 2.6.3 Paredes

Segundo Bolsoni (2020), “as paredes que suportam o peso e os esforços laterais são chamadas de paredes estruturais. O restante delas serve apenas como divisória de ambientes.”

Segundo Bolsoni (2020) a carga do telhado é absorvida pela guia superior e transferida aos montantes, a guia superior também é usada para firmar os montantes, estes, nos quais agem como pilares, onde absorvem a carga transmitida pela guia superior e a transfere para a inferior.

Ainda de acordo com Bolsoni (2020), a Verga transfere as cargas acima das portas e janelas para os montantes de janelas, nos quais transferem as cargas para a guia inferior. Já os blocos são inseridos no centro para dar resistência aos montantes. A guia inferior trabalha absorvendo as cargas dos montantes e transferindo-as para a laje.

### 2.6.4 Sistema elétrico e hidráulico

A montagem pode ser idêntica ao de uma construção convencional, mas em comparação com as construções com alvenaria o uso de paredes agrega praticidade e agilidade à construção em eventuais reparos ao permitir embutir as instalações nos vãos internos aos montantes.



### 2.6.5 Revestimentos

As paredes externas podem ser revestidas com vários sistemas, como aço ou PVC, mas também pode-se utilizar tijolo aparente, argamassa armada ou placas cimentícias, que são um acabamento similar à alvenaria. Do lado interno, o revestimento é feito com chapas de Drywall, que proporcionam uma superfície lisa e pronta para receber acabamento. Pode ser colocado também no interior da parede lã mineral, para a obtenção de isolamento térmico e acústico.

### 2.6.6 Contraventamento

O sistema de contraventamento vertical da edificação é feito com a fixação de placas de OSB nas faces externas das paredes. Assim as paredes em Wood frame funcionam também como um sistema de contraventamento (ação diafragma).

### 2.6.7 Telhado

Sobre as paredes do último piso da edificação são, geralmente, posicionadas treliças industrializadas de madeira com conectores do tipo chapas de dentes estampados.

Alguns tipos de telhas como, por exemplo, as telhas shingle, que segundo Bolsoni, 2020, são um “sistema de cobertura composto por uma manta de fibra de vidro saturada em asfalto e grânulos cerâmicos, disponível em diversas cores”. As telhas shingle demandam um deck de OSB para servir de base sobre as treliças. No caso das telhas cerâmicas são utilizadas diretamente ripas sobre as treliças tomando-se o cuidado de se aplicar uma manta de sobcobertura antes do ripamento para garantir a estanqueidade. Podem ainda ser utilizadas telhas metálicas, de fibrocimento e asfálticas.

### 2.6.8 Laje

Nas construções em madeira geralmente no pavimento térreo é utilizado um contrapiso de concreto. No caso de mais pavimentos as lajes e mezaninos são executados na maioria das vezes com placas OSB. (SILVA, 2015).

Estas placas são instaladas sobre as vigas de madeira de alta resistência, que são projetadas para vencer grandes vãos livres e suportar grandes cargas, assim dando origem a uma estrutura mais leve e com grande resistência se comparada às



lajes em concreto armado utilizada em construções de alvenaria convencional. (SILVA, 2015).

### 2.6.9 Manutenção

A cada 5 anos deve ser feita uma avaliação da necessidade de se executar alguma intervenção:

Devem ser tomados cuidados quanto à manutenção das instalações de água e esgoto, para que não haja vazamentos constantes sem reparo, pois pode haver deterioração da madeira empregada, com aparecimentos de fungos, e danos às chapas de revestimento.

### 2.6.10 Madeira utilizada

No sistema de Wood frame normalmente a madeira utilizada é o pinus. A madeira de pinus, por ser conífera é mais leve, não apresenta cerne e seu lenho é totalmente permeável ao tratamento preservante. O tratamento mais recomendado para Wood frame é aquele feito em autoclave com produtos hidrossolúveis, sendo que estes tornam a madeira imune ao ataque de fungos e cupins.

## 2.7 NORMA UTILIZADA

No Brasil, esse assunto ainda é recente, e não existe uma norma específica para aplicação e instalação do Wood Frame, porém a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) já possui uma norma, que pode ser utilizada como base para critérios gerais de dimensionamento estrutural, a ABNT 7190 - 1997, (1997) – Projeto de Estruturas de Madeira.

Além disso, é utilizado normas como a NBR 6120, (2019), que trata de cargas para cálculo de estruturas de edificações e também a NBR15575, 2013, que trata de edificações habitacionais, no qual contem padrões mínimos para que as moradias estejam aptas a atender as necessidades dos moradores durante a sua utilização.

No portal do SINAT (2020) encontra-se o primeiro documento que trata especificamente sobre o assunto.

Nela é possível encontrar procedimentos operacionais de avaliação do sistema construtivo, bem como critérios mínimos de desempenho no Brasil.



### 2.8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a construção civil é necessário avaliar os métodos construtivos disponíveis e escolher o que melhor atender. Agora que já é possível ter um conhecimento geral sobre o wood frame, é importante avaliar sua viabilidade.

No que se trata de sustentabilidade o wood frame possui um resultado positivo, além de substituir grande parte de materiais como cimento, cal, aço, fôrmas, ocorre uma grande redução de impactos ambientais gerados por estes materiais. A madeira como sendo reflorestada se torna um material renovável e não emite poluentes, desde seu plantio até o corte. Por ser um sistema industrializado, utiliza-se peças de madeira pré-moldadas, com dimensões especificadas obedecendo as normas estabelecidas pela ABNT, com isso, reduz a quantidade de entulhos e desperdícios gerados no canteiro de obra, além disso, por ser industrializada e exigir uma mão de obra qualificada, a estrutura de madeira pode ser executada de forma rápida quando comparada com alvenaria tradicional.

Mesmo exigindo mão de obra qualificada, ela é facilmente treinada pois o manuseio de ferramentas é fácil e prático, a madeira exige pouco trabalho de instalação, o que torna o processo de construção relativamente rápido pois seguirá um projeto que funciona como um manual para montagem, isso contribui para a redução de custos de mão de obra, já que esse custo depende também do tempo para executar a obra. Além disso, a madeira é facilmente encontrada no mercado nacional. “O Brasil apresenta uma grande área de florestas plantadas de pinus principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste, o que torna o Wood Frame sustentável do ponto de vista de demanda” (BOLSONI, 2020).

Em relação as suas propriedades, foi visto que a madeira possui um ótimo isolamento térmico, por conta de sua estrutura celular, e acústico, fornecendo um maior conforto ao cliente.

Desta forma, o sistema wood frame apresenta ótimas vantagens, é um sistema limpo e reutilizável

Desta forma, pode-se dizer que as estruturas em madeira são mais viáveis quanto ao aspecto ambiental, apresentam um desempenho elevado, podem ser executadas em um curto período de tempo, além de proporcionar construções com elegância e conforto, disponibilizando uma variedade de cores e texturas.



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi abordado a viabilidade do sistema construtivo wood frame, suas características, vantagens e desvantagens, propriedades da madeira. Foi visto que este sistema possibilita a redução de desperdícios e entulhos de materiais em comparação com a alvenaria tradicional. Além disso podemos verificar a viabilidade da madeira em relação a sustentabilidade, pois sua extração e manejo é feito de maneira segura; conforto térmico e rapidez na execução do projeto, pois os perfis são industrializados, possui facilidade na montagem, manuseio e transporte. No Brasil não existe uma norma específica, mas é possível fazer uso da ABNT 7190 - 1997 para projeto de estruturas de madeira, além dela é utilizado normas como NBR 6120, e a NBR 15575 , na qual contem padrões mínimos para que as moradias estejam aptas a atender as necessidades dos moradores durante a sua utilização.

Apesar destas vantagens o sistema de wood frame não é tão difundido atualmente, poucas empresas não possuem mão de obra qualificada e materiais para a execução, porém para avaliar o real custo do sistema será necessário realizar um comparativo de custos em trabalhos futuros.

Conclui-se que, apesar da alvenaria tradicional ter maior notoriedade na construção civil, o wood frame possui diversas vantagens e é uma tecnologia que vale a pena ser empregada. É de grande importância que o engenheiro civil busque por novas tecnologias a fim de inovar cada vez mais, de forma sustentável, e satisfazer a necessidade de todos.

### REFERÊNCIAS

AMARAL, Emily do. **A viabilidade da madeira na sustentabilidade da construção civil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Pitágoras Unopar, Londrina, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1 : Requisitos gerais. Rio de Janeiro, p. 60, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, 107p. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**. Ações para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro, 61p. 2019.

BOLSONI, F. **Introdução ao sistema wood frame**. Florianópolis: Escrita Criativa,



2020. 101 p.

LP BRASIL LTDA. **Catálogo de produtos CES construção energitêmica sustentável.** Curitiba, p. 16, 2013. Disponível em: [www.lpbrasil.com.br](http://www.lpbrasil.com.br). Acesso em: 20 ago. 2020.

MOLINA, J. C.; CALIL JUNIOR, C. Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

MORESCHI, J. C. **Propriedades da madeira.** 4. ed. 2012. 208 p. Apostila – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, R. G. Dalariva. **Viabilidade técnica do sistema construtivo light wood frame na construção de uma unidade habitacional de dois pavimentos estudo de caso no município de Arcos – MG.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga, Formiga, MG, 2015.



**ALTA DISPONIBILIDADE EM REDES DE COMPUTADORES**

**HIGH AVAILABILITY IN COMPUTER NETWORKS**

**José Maurício dos Santos Pinheiro<sup>1</sup>**

**RESUMO**

As redes de computadores estão disponíveis para todas as organizações, constituídas por sistemas maduros e capazes de atender as necessidades particulares de cada pessoa e cada negócio. Atualmente, as organizações demonstram forte dependência da Internet para fazer seus negócios. Nesse sentido, ficar indisponível, mesmo que por um curto intervalo de tempo pode gerar perdas significativas. Neste contexto, a alta disponibilidade dos serviços e a integridade das informações nas redes de computadores são aspectos que interferem diretamente no atendimento dos usuários e nos custos do próprio negócio. A rede pode ser avaliada por sua disponibilidade, algo que exige conhecimento técnico, manutenção permanente, atendimento a rígidos requisitos de segurança, e que demanda ainda investimentos financeiros e em profissionais qualificados. Este trabalho tem como objetivo apresentar os principais aspectos relacionados com a alta disponibilidade das redes de computadores e sua importância no funcionamento e desenvolvimento dos sistemas computacionais.

**Palavras-Chave:** Redes. Alta disponibilidade. Missão. Confiabilidade. Qualidade

**ABSTRACT**

Computer networks are available to all associations, made up of mature systems capable of meeting the needs of each person and each business. Currently, associations demonstrate a strong dependence on the Internet to do their business. In this sense, being unavailable, even for a short period of time, can generate significant losses. In this context, the availability of services and the integrity of information on computer networks are aspects that directly affect the service provided to users and the costs of the business itself. The network can be evaluated by its availability, something that requires technical knowledge, permanent maintenance, compliance with strict security requirements, and that also demands financial and professional investments. This work aims to present the main aspects related to the high availability of computer networks and its importance in the functioning and development of computer systems.

**Keywords:** Networks. High availability. Mission. Reliability. Quality.

**1 INTRODUÇÃO**

Segundo Tanenbaum (2005): “as redes de computadores são um conjunto de

---

<sup>1</sup> Professor – Curso Sistemas de Informação – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: jm.pinheiro2013@gmail.com.





computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia”. Com relação ao uso das redes de computadores, Tanenbaum (2005) destaca ainda dois aspectos: O primeiro, relaciona aplicações comerciais que se concentram no compartilhamento de recursos e que tem como objetivo disponibilizar todos os programas, equipamentos e dados aos usuários a partir de políticas previamente estabelecidas, independente da distância física entre os recursos e o usuário. O segundo aspecto, relacionado ao uso das redes para aplicações domésticas, tem o objetivo de acesso a informações remotas, comunicação entre pessoas, entretenimento interativo e comércio eletrônico.

A necessidade de alta disponibilidade não se originou com a Internet ou e-commerce. Ela existe há milhares de anos. Quando os navios de guerra gregos ou mercantes navegavam para descobrir novas terras ou negócios, os capitães carregavam peças sobressalentes, velas e remos a bordo. (JAYASWAL, 2006, tradução nossa).

Os principais desafios para as redes de computadores que dão sustentação a esses sistemas e recursos são a disponibilidade, a qualidade e estabilidade da infraestrutura. Redes de computadores devem apresentar alto grau de disponibilidade e continuar a responder às requisições mesmo em presença de falhas.

Para Pinheiro (2008), “a alta disponibilidade resume um conjunto de soluções destinadas a prevenir falhas e a indisponibilidade de equipamentos de informática, das redes e Data Centers”. Inclui soluções que oferecem redundância contra falhas de hardware, software, energia, localização e operação.

## **2 MISSÃO CRÍTICA**

A “missão” de uma rede ou sistema corresponde ao período de tempo no qual esta rede deve desempenhar corretamente suas funcionalidades, sem interrupções. Por exemplo, uma organização que utilize um serviço de Internet no horário entre 8h e 20h, não pode ter seu sistema fora do ar durante este período de tempo. Já uma organização que utilize o serviço de Internet 24h por dia obviamente apresenta uma necessidade contínua, de forma que qualquer tipo de parada deve ser evitado.

Segundo Jayaswal, (2006), “À medida que os computadores ficam mais rápidos e baratos, eles estão sendo usados para cada vez mais tarefas críticas que requerem tempo de atividade 24 x 7”. Assim, pode-se resumir “missão crítica” como a operação 24 x 7 (24 horas por dia, 7 dias por semana) dos sistemas já considerando a possível falha de algum dispositivo da rede. Nessa categoria são enquadrados os servidores, roteadores, firewalls e todos os equipamentos que tenham uma atuação sistêmica na



rede. O que determina qual tecnologia e os equipamentos que serão usados nesse ambiente é o nível de importância dos sistemas para os usuários e para a operação do negócio.

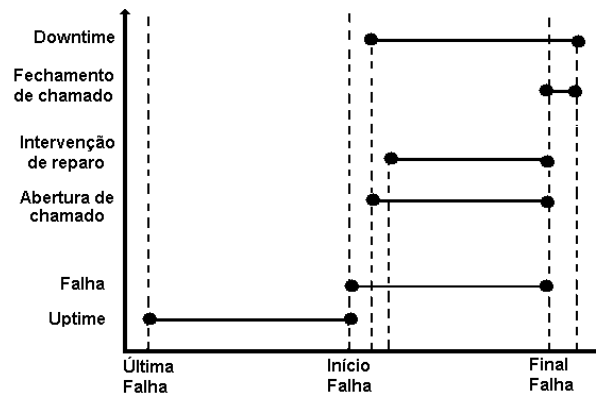
### 3 DISPONIBILIDADE

Na computação, o termo disponibilidade é usado para descrever o período de tempo em que um serviço está disponível, bem como o tempo exigido por um sistema para responder a uma solicitação feita por um usuário. Para minimizar as interrupções nos serviços de uma rede de computadores é necessário alocar hardware, software e outros recursos de forma sobressalente (redundante), e mantê-los prontos para entrar em funcionamento preferencialmente de forma automática quando algum desses componentes falhar. Contudo, a configuração, manutenção, controle e a gestão do hardware e do software em redes de computadores são atividades dotadas de graus de complexidade variáveis e diferentes. Podem ocorrer erros na operação, inconsistências de bases de dados, interrupções inesperadas, problemas de instabilidade e falhas de segurança, que afetam o funcionamento de toda rede. Neste caso, é importante considerar dois aspectos: o tempo de disponibilidade (*uptime*) e o tempo de indisponibilidade, onde o sistema está fora de uso (*downtime*).

O período de *uptime* é o intervalo de tempo entre o fechamento de uma falha anterior e o início da próxima falha. Já o período de *downtime* se inicia com a abertura do chamado de *reparo (trouble-ticket)*, que marca o reconhecimento da indisponibilidade da rede, e termina com o reparo realizado e o fechamento do chamado, após o reconhecimento da estabilização do sistema conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1 - Delimitação do Uptime e Downtime



O período de *downtime* serve de base para o cálculo para determinar dois momentos de disponibilidade do sistema: a disponibilidade total, que corresponde ao período de operação regular da rede e a disponibilidade percebida, que corresponde à disponibilidade dos serviços, percebida pelos usuários, medida a partir dos registros de chamados abertos junto ao *help desk*.

### 3.1 CLASSES DE DISPONIBILIDADE

A disponibilidade de uma rede de computadores pode ser enquadrada normalmente em três classes, de acordo com uma faixa de valores percentuais: Disponibilidade Básica, Disponibilidade Contínua e Alta Disponibilidade.

#### 3.1.1 Disponibilidade Básica

É aquela encontrada em redes desprovidas de algum mecanismo especial para redundância ou contingência de software ou hardware, que vise mascarar as eventuais falhas da rede. Sistemas nesta classe apresentam disponibilidade de 99,0% a 99,9%. Isto equivale a dizer que em um ano de operação a rede pode ficar indisponível por 8,76 horas a 3,65 dias. Convém ressaltar que nessa classe os tempos de indisponibilidade não levam em consideração a possibilidade de paradas planejadas para troca de equipamentos, por exemplo.

#### 3.1.2 Disponibilidade Contínua

Uma disponibilidade com valores mais próximos de 100% representa um menor tempo de inatividade da rede, de forma que os valores de indisponibilidade são



desprezíveis. Neste caso, os sistemas em uso são conhecidos como tolerantes a falhas “*fault tolerance*”, já que o *uptime* corresponde a valores de aproximadamente 99,99999%, ou seja, os sistemas funcionam, no mínimo, por aproximadamente 8759 horas (de 8760) por ano. Em sistemas desse tipo, sempre há redundância de recursos, ou seja, se um dispositivo de rede crítico deixa de funcionar, um segundo assume imediatamente a sua função.

Todas as paradas planejadas e não planejadas são mascaradas e o sistema é considerado sempre disponível.

### 3.1.3 Alta Disponibilidade

Alta disponibilidade é a qualidade de um sistema ou componente que garante um alto nível de desempenho operacional por um determinado período de tempo. Entende-se por sistema de alta disponibilidade ou “*high availability*” aquele insensível a falhas de software, de hardware e de energia elétrica. Em sistemas desse tipo, os equipamentos são desenvolvidos para oferecer o menor risco de falhas possível. Adicionando-se mecanismos de detecção, recuperação e mascaramento de falhas, pode-se aumentar a disponibilidade de modo que o sistema venha a se enquadrar como de alta disponibilidade. Na classe de alta disponibilidade encontram-se as redes de computadores que apresentam valores tipicamente na ordem de 99,99% a 99,9999%.

Uma aplicação de alta disponibilidade pode ser projetada para suportar paradas planejadas, o que pode ser importante, por exemplo, para permitir a atualização de hardware ou software por problemas de segurança (atualização de interfaces, *patches*, por exemplo), sem que o serviço deixe de ser prestado. Aqui se encaixam grande parte das aplicações dos ambientes das operadoras de telecomunicações.

A Tabela 1, apresenta as três classes de disponibilidade e relaciona os valores de disponibilidade anual, indisponibilidade anual e indisponibilidade mensal.



Tabela 1 - Valores da disponibilidade anual em função da indisponibilidade anual e mensal

	Disponibilidade Anual (%)	Indisponibilidade Anual	Indisponibilidade Mensal
Disponibilidade Contínua	99,9999999	0,03 segundos	0,003 segundos
	99,999999	0,32 segundos	0,026 segundos
	99,99999	3,15 segundos	0,259 segundos
Alta Disponibilidade	99,9999	31,54 segundos	2,592 segundos
	99,999	5,26 minutos	25,92 segundos
	99,99	52,56 minutos	4,32 minutos
Disponibilidade Básica	99,9	8,76 horas	43,20 minutos
	99,5	43,80 horas	3,60 horas
	99,0	3,65 dias	7,20 horas

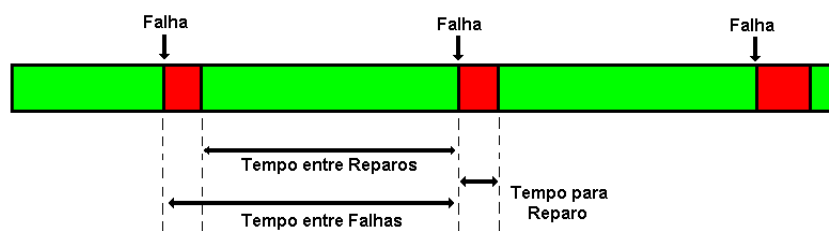
1 ano = 365 dias = 8.760 horas = 525.600 minutos = 31.536.000 segundos;  
1 mês = 30 dias = 720 horas = 43.200 minutos = 2.592.000 segundos.

#### 4 CONFIABILIDADE DA REDE

A confiabilidade da rede de computadores é tanto melhor quanto maior for o tempo de operação livre de falhas ou tempo médio entre falhas - MTBF (*Mean Time Between Failures*) em relação ao tempo de disponibilidade total da rede, assim como quanto menor for o tempo de paralisação decorrente de falhas, definido como tempo médio para reparo – MTTR (*Mean Time To Repair*).

O MTBF é designado para expressar o tempo médio entre interrupções de serviço (tempo entre falhas), considerando que uma rede é um serviço e não um componente. Já o MTTR se refere ao tempo transcorrido para o reparo de um serviço (tempo para reparo), conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - MTBF e MTTR



Os valores de disponibilidade (A) de um sistema podem ser obtidos de maneira simplificada a partir da fórmula:  $A = MTBF / (MTBF + MTTR)$

O MTTR associado ao MTBF mede a confiabilidade do sistema. Como nos sistemas de alta disponibilidade o MTBF é muito maior que o MTTR, a confiabilidade



(N) pode ser definida percentualmente, de forma simplificada, por:  
$$N \approx 100 - (MTTR / MTBF)$$

### 5 ESCALABILIDADE DA REDE

Escalabilidade é a possibilidade de uma rede expandir sua capacidade de transmissão conforme as necessidades, algo muito comum em telecomunicações. Antes de tudo, é necessário avaliar quais as tendências de aumento no uso dos recursos da rede e, a partir daí, deve-se criar condições para que essa capacidade seja aumentada conforme a real necessidade do negócio.

Quando a capacidade de tráfego do sistema aproxima-se da sua utilização máxima (a capacidade da rede em uso é chamada de “utilização”), podem ocorrer atrasos na transmissão da informação ocasionando o que conhecemos por “congestionamento” e, conseqüentemente, a vazão de dados diminui. Embora atraso e congestionamento sejam tópicos diferentes, existe uma relação entre eles que permite estimar a quantidade do atraso a partir do percentual da capacidade da rede que está sendo usada. O atraso efetivo em um sistema pode ser determinado pela seguinte relação:

$$D = I / (1 - U)$$
 , onde: D = atraso efetivo; I = atraso da rede quando o meio de transmissão está vazio; U = utilização.

Quando não há tráfego, o valor de U é zero, assim o atraso efetivo é equivalente ao atraso da rede. Com o aumento do tráfego, a utilização aumenta e o atraso efetivo fica maior. Uma utilização aceitável depende da finalidade do projeto e das necessidades relacionadas. Entretanto, uma rede de computadores não deve operar com nível de utilização igual ou superior a 90%.

É importante prever soluções para que os sistemas não parem de funcionar apenas por falhas ou erros, mas também que não sejam paralisados por sobrecarga. Se, por exemplo, um servidor estiver apto a receber mil solicitações de conexão por hora, é necessário observar se esse limite não está sendo atingido. Se isso ocorrer, deve-se aumentar sua capacidade, caso contrário, o servidor ficará sobrecarregado e poderá ficar indisponível para os usuários. Por outro lado, é necessário cuidado para não superdimensionar os sistemas dotando-os de uma alta capacidade que não será usada o que irá influenciar nos custos operacionais.

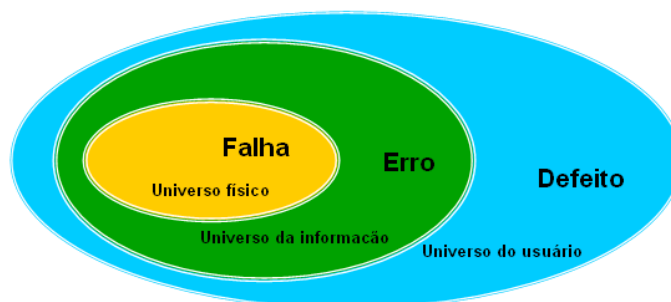


## 6 TOLERÂNCIA A FALHAS E ALTA DISPONIBILIDADE

Para se entender exatamente o que é a tolerância a falhas e alta disponibilidade de rede, o profissional de sistemas deve conhecer três conceitos básicos envolvidos e muitas vezes utilizados tecnicamente de forma errônea: falha, erro e defeito. São palavras que parecem sinônimas, mas que na verdade designam a ocorrência de algo anormal em três universos diferentes de uma rede de computadores:

- **Falha** - ocorre no universo físico, ou seja, no nível mais baixo do hardware de rede. Em geral, são eventos indesejados que afetam o funcionamento da rede ou partes dela;
- **Erro** - A ocorrência de uma falha pode acarretar um erro, que é a representação da falha no universo do sistema. Uma falha pode fazer com que um (ou mais de um) equipamento altere seu comportamento inesperadamente, o que afetará o funcionamento da rede representando lentidão, perda de pacotes, interrupção de serviço nos usuários;
- **Defeito** - a informação errônea, se não for percebida e tratada rapidamente poderá gerar o que se conhece por defeito. O sistema simplesmente apresenta funcionamento inconstante, baixo throughput, delay, taxa de erros, entre outros. Requer agora a interação de vários profissionais e poderá trazer desconforto com os usuários envolvidos.

**Figura 3 - Falha, erro e defeito**



Observando a Figura 3, uma falha no universo físico pode causar um erro no universo do sistema (informação), que por sua vez pode causar um defeito percebido no universo do usuário. O princípio de tolerância a falhas visa exatamente resolver as falhas ou tratá-las enquanto ainda são erros.

Já o princípio da alta disponibilidade admite que as máquinas falhem ou apresentem defeito, contanto que exista outro equipamento para assumir sua



funcionalidade no sistema. Entretanto, para que um equipamento assuma as funcionalidades de outro é necessário que existam meios que permitam a localização da falha. Isso pode ser conseguido através de testes periódicos nos quais os sistemas redundantes verificam não apenas se os sistemas principais estão ativos, mas também se estão fornecendo respostas adequadas às requisições de serviço dos usuários.

Neste ponto, é importante observar que mecanismos de detecção de falhas configurados incorretamente podem causar instabilidades no sistema com a entrada e saída de funcionamento dos equipamentos devido a “falsos positivos”, quer dizer, detecta-se um mau funcionamento no sistema que não ocorreu de fato. Por outro lado, notar também que, pelos testes serem periódicos, existe um intervalo de tempo durante o qual o sistema principal pode estar indisponível sem que o sistema redundante reconheça essa falha ocasionando um “falso negativo”.

### **7 ESTRUTURANDO A REDE COM ALTA DISPONIBILIDADE**

Há diferentes formas de se construir uma rede de computadores com a disponibilidade necessária, variando de acordo as necessidades das aplicações, infraestrutura, recursos financeiros disponíveis etc. Existem vários aspectos que devem ser considerados para estruturar uma rede de alta disponibilidade. Muito mais do que uma implementação de software de monitoramento, a alta disponibilidade depende de fatores como:

- **Ambiente** – quando servidores estão localizados na mesma área geográfica, uma condição ambiental, por exemplo, uma inundação ou outro fenômeno da natureza, poderá paralisar a rede. Ter servidores redundantes, em diferentes Data Centers, e áreas geográficas distintas aumentará a confiabilidade;
- **Hardware**: servidores altamente disponíveis devem ser resilientes às quedas de energia e falhas de hardware, incluindo discos rígidos e interfaces de rede. A redundância de servidores é uma alternativa a ser considerada;
- **Software**: todos os softwares, incluindo o sistema operacional e aplicações, devem estar preparados para lidar com falhas inesperadas que podem exigir uma reinicialização do sistema, por exemplo;
- **Dados**: perda ou inconsistência de dados podem ter diferentes origens e não se restringem às falhas nas unidades de disco. Sistemas altamente disponíveis





devem considerar a segurança dos dados. Contar com uma solução de backup eficiente é essencial;

- **Infraestrutura:** interrupções não planejadas na infraestrutura da rede podem ser indícios de pontos de falha e impactar significativamente a produtividade dos colaboradores. É importante que uma estratégia de rede redundante esteja em vigor para possíveis falhas;
- **Monitoramento:** um sistema de monitoramento para detectar falhas e possíveis riscos ao hardware e software de rede é importante para garantir uma infraestrutura de alta disponibilidade.

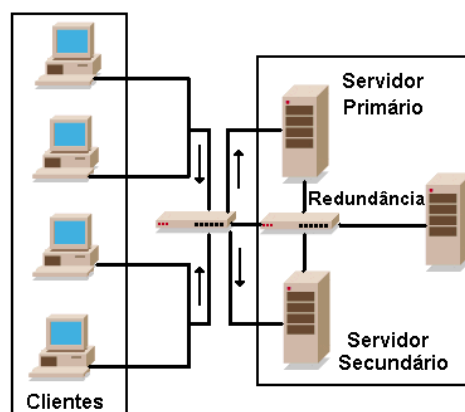
Considerando que sistemas com alta disponibilidade podem se recuperar rapidamente de incidentes, muitas vezes, de forma automática, diferentes combinações podem ser feitas para aumentar essa disponibilidade da rede, entre elas o uso da redundância e *backup*.

Para Preston (2006): “Um bom sistema de *backup* e recuperação é essencial para uma organização de qualquer porte”. Isso inclui a redundância de interfaces de hardware de rede, de fontes de alimentação, de processadores, de *links* de comunicação e de servidores.

Preston (2006) enfatiza: “Para muitos ambientes, recuperar os *backups* dos sistemas da noite anterior é aceitável”. Assim, a redundância é um recurso primordial, pois no caso de falha de algum dispositivo, o sistema continua funcionando normalmente.

Na Figura 4, o exemplo da redundância dos servidores de rede. Pode-se observar a existência de um servidor principal (primário) e um servidor *backup* (secundário), que irá atuar no caso de falha ou indisponibilidade do primeiro.

Figura 4 – Redundância de servidores





## **8 IMPLANTANDO ALTA DISPONIBILIDADE**

A necessidade de implantar um sistema com alta disponibilidade para uma rede de computadores depende das respostas a algumas perguntas. Se as respostas a elas forem positivas e o tempo de parada aceitável for de apenas alguns minutos, é altamente indicado o projeto para alta disponibilidade no ambiente da rede:

- Qual é o prejuízo de uma parada não programada de um sistema importante para os usuários devido a um incidente de segurança?
- O investimento para projetar, instalar e manter uma infraestrutura paralela de redundância justifica os custos operacionais?
- Qual o tempo de interrupção dos sistemas considerado aceitável pelos usuários?
- Os serviços disponibilizados pela rede corporativa são essenciais ao negócio?

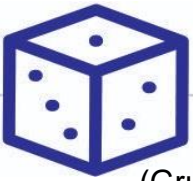
Diagnosticada a necessidade de alta disponibilidade, o próximo desafio é como estruturar este ambiente. Escolher a estratégia que irá nortear o processo é crucial para o sucesso do projeto. Mapear a infraestrutura envolvida nos processos de negócio, aqueles sem os quais a rede poderia parar, detalhando cada componente da solução a fim de entender qual a importância de cada um no conjunto é fundamental.

## **9 SEGURANÇA**

Para construir o ambiente de alta disponibilidade para uma rede de computadores não basta apenas cuidar dos recursos que farão parte do sistema, mas também é preciso cuidar da segurança da infraestrutura (instalações prediais, energia elétrica, controles de acesso, climatização, sistemas de incêndio, entre outros). Por exemplo, contar com uma alimentação elétrica confiável é um desafio permanente, pois uma rede de computadores necessita de energia limpa e contínua para maximizar a disponibilidade e eficiência dos sistemas.

“Por décadas, o computador pessoal (PC) tem servido como um instrumento vital no mundo dos negócios [...] As estimativas de consumo de energia incorporaram dados de consumo de energia para diferentes tipos e segmentos de equipamentos para cada modo de operação”. (ROTH *et al*, 2002).

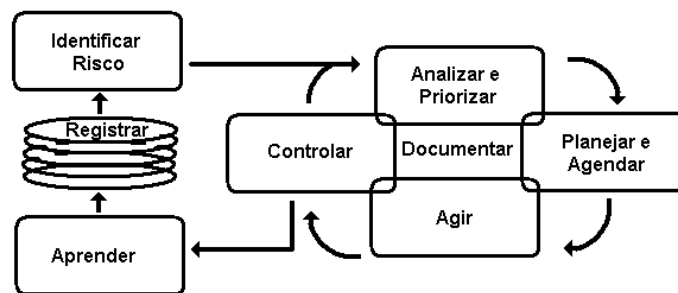
Pinheiro (2008), informa que, no complemento ou substituição da energia fornecida pela concessionária, é possível contar com redundância no fornecimento de energia elétrica, seja através de UPS (*Uninterruptible Power Supply*) ou de GMG



(Grupo Motor Gerador), bem como sistemas de comunicação redundantes e integrados, garantindo a operação da rede mesmo na ocorrência de situações adversas. Entretanto, antes de investir nestes recursos, é importante executar um levantamento da situação atual a fim de identificar e definir as prioridades de ação, algo fundamental no processo de conquista da alta disponibilidade da rede.

Os riscos de segurança são identificados através de uma metodologia apropriada para a avaliação dos processos, das pessoas e da própria tecnologia envolvida. Os custos do projeto precisam ser analisados e confrontados com prováveis prejuízos resultantes de falhas, conforme exemplifica a Figura 5.

Figura 5 - Metodologia de análise de riscos



Para Marcus e Stern (2003), “a disponibilidade deve de ser garantida ao usuário e somente a ele, com a utilização de ferramentas de proteção e segurança contra ataques dos mais diversos”. O processo de avaliar riscos e selecionar controles deve ser executado tantas vezes quanto necessário e revisões devem ser feitas em diferentes níveis de profundidade, dependendo dos resultados das avaliações anteriores e das mudanças nos níveis de riscos que a estrutura da rede está preparada para aceitar.

Dentre os diversos pontos que requerem análise de segurança destacam-se:

- Identificar, analisar e classificar os riscos relacionados à segurança da informação e ao negócio segundo as prioridades definidas;
- Planejar e agendar as atividades necessárias;
- Agir estrategicamente na solução dos problemas relacionados aos sistemas e processos vulneráveis;
- Minimizar os riscos de parada nos serviços de TI e as perdas em casos de



incidentes de segurança através de um controle efetivo;

- Registrar o aprendizado com as ações anteriores e manter uma documentação atualizada de todos os procedimentos.

### 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ter a garantia de uma rede de computadores com alta disponibilidade é crucial para qualquer organização, tendo em vista que qualquer interrupção pode causar grandes prejuízos. O planejamento de sistemas de comunicação de alta disponibilidade é, portanto, estratégico para uma organização quando o faturamento e o relacionamento com seus clientes e fornecedores dependem desse recurso.

Os prejuízos financeiros oriundos da indisponibilidade da rede de computadores podem não ser o único efeito colateral. Mais do que a perda financeira, muitas vezes a imagem da organização é prejudicada por conta da instabilidade ou indisponibilidade dos recursos perante seus colaboradores e clientes. Portanto, acompanhar o desempenho da infraestrutura envolvida é essencial ao sucesso do negócio.

### REFERÊNCIAS

JAYASWAL, Kailash. **Administering data centers: servers, storage, and voice over ip**. Indianapolis: Wiley Publishing Inc., 2006.

MARCUS, E.; STERN, H. **Blueprints for high availability**. 2nd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.

PINHEIRO, José M. **Infra-estrutura elétrica para redes de computadores**. Rio de Janeiro: Livraria Ciência Moderna, 2008.

PRESTON, W. **Backup & Recovery**. Sebastopol: O'Reilly, 2006.

ROTH, Kurt W.; GOLDSTEIN, Fred; KLEINMAN, Jonathan. **Energy consumption by office and telecommunications equipment in commercial buildings**. Energy Consumption Baseline. Cambridge: Arthur D. Little, Inc., 2002. v.1

SILVA, Pedro Tavares; CARVALHO, Hugo; TORRES, Catarina Botelho. **Segurança dos sistemas de**. Lisboa: Centro Atlântico, 2003.

TANENBAUM, Andrew. **Redes de computadores**. 4 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.



## ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE EXAUSTORES NAS LINHAS DE RECOZIMENTO CONTÍNUO

### EXHAUST VIBRATION ANALYSIS IN THE CONTINUOUS ANNEALING LINES

Eric Takeshi de Souza<sup>1</sup>  
Felipe dos Anjos<sup>2</sup>  
Fernando da Silva Santos<sup>3</sup>  
Rafael de Sousa Silva<sup>4</sup>

#### RESUMO

A Indústria Siderúrgica é um dos setores que mais movimentam a economia e cujo produto está presente na maioria das indústrias de base como matéria prima para a produção de diversos insumos utilizados no mundo contemporâneo. Nesse contexto é importante abordar sobre análise de vibrações. A vibração é o movimento oscilatório de um corpo excitado por uma força em relação a um ponto de referência. O estudo proposto possui o intuito de apresentar os parâmetros empregados na técnica de inspeção preditiva de análise de vibração de exaustores de uma indústria siderúrgica, obtida através de medições de vibrações no aquecimento dos exaustores. O trabalho pretende também realizar um levantamento bibliográfico para demonstração da importância da análise de vibração em equipamentos pesados. Assim como descrever o exaustor, o equipamento usado para a análise preditiva na vibração e os instrumentos que auxiliam nessa análise. Apontar os principais defeitos que podem ser previstos e os sinais que indicam as prováveis distensões. Através da metodologia de pesquisa bibliográfica, esse trabalho de conclusão de curso se justifica, pois, a inspeção preditiva pode aumentar a confiabilidade dos equipamentos e diminuir os custos que envolvem as paradas na linha de produção evitando o comprometimento de toda a cadeia de produção dentro indústria siderúrgica.

**Palavras-chave:** Análise de vibração. Inspeção preditiva. Exaustores em indústria siderúrgica.

#### ABSTRACT

The Steel Industry is one of the sectors that most move the economy and whose product is present in most basic industries as a raw material for the production of various inputs used in the contemporary world. In this context, it is important to address vibration analysis. Vibration is the oscillatory movement of a body excited by a force in relation to a reference point. The study aims to present the parameters in the predictive

<sup>1</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail

<sup>2</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: felipe.anjosf@gmail.com

<sup>3</sup> Professor – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: desousarafael21@gmail.com



instruction technique of vibration analysis of a steel industry, obtained through all vibrations in the heat of the exhaust fans. The work also intends to carry out a bibliographic survey to demonstrate the importance of the analysis of vibration in heavy equipment. As described in the hood, the equipment used for predictive vibration analysis and the instruments that assist in this analysis. Point out the main defects that can be published and the signs they indicate as likely strains. Through the bibliographic research methodology, this course conclusion work is justified, since conducting predictive can increase the reliability of the equipment and decrease the costs that involve downtime on the production line avoiding the compromise of the entire production chain within the company. steel industry.

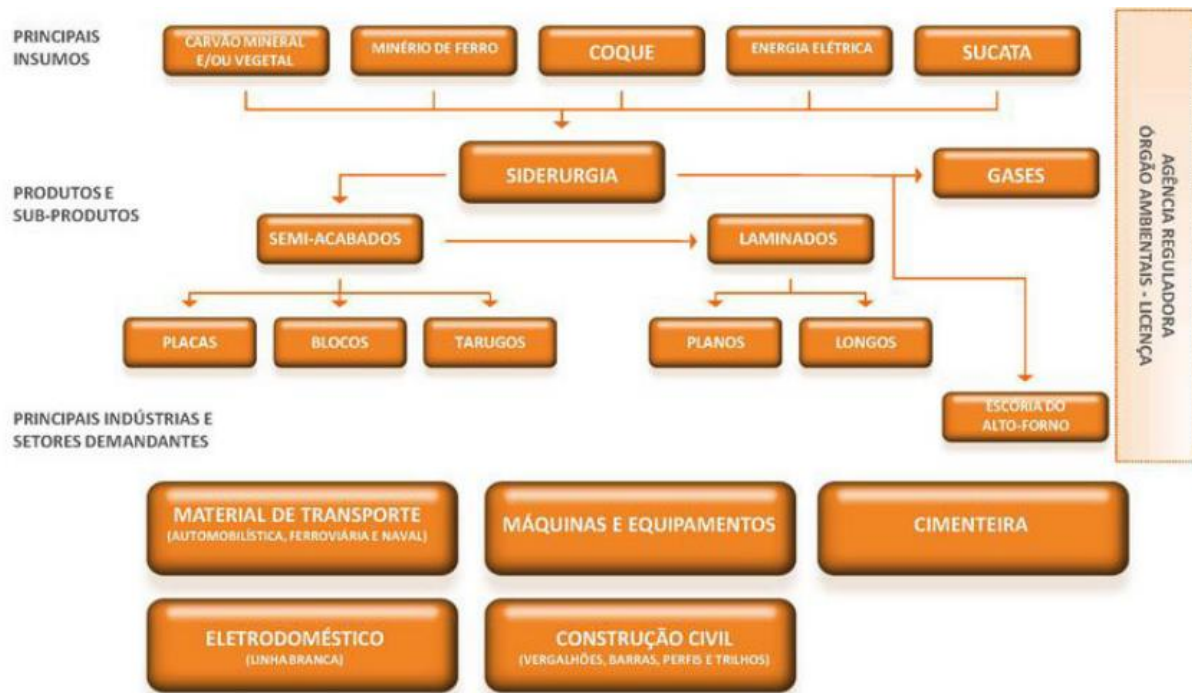
**Keywords:** Vibration analysis. Predictive inspection. Exautors in steel industry.

### 1 INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica é importante fornecedora de insumos para diversos outros setores da indústria de transformação, bem como para a construção civil. Trata-se de uma indústria caracterizada pela presença de grandes empresas, em geral verticalizadas, que operam as diversas fases do processo produtivo, desde a transformação do minério em ferro primário (ferro gusa), até a produção de bobinas laminadas a quente, a frio ou galvanizadas, para aplicação em produtos na indústria automotiva, de bens de capital, naval, de linha branca, entre outras. Os laminados longos, que também são produtos siderúrgicos, tendo como principal exemplo o vergalhão, são muito utilizados nos segmentos de habitação e infraestrutura (CARVALHO; MESQUITA; ARAUJO, 2015). A relação da indústria siderúrgica com outros setores da economia pode ser visualizada na Figura 1.



**Figura 1:** Esquema simplificado da cadeia produtiva Indústria Siderúrgica



Fonte: VIANA (2017)

Para que a Indústria Siderúrgica consiga atender as demandas do mercado é necessário que o seu processo de produção seja estruturado e com o mínimo possível de falhas e paradas não programadas. Sejam elas falhas humanas ou mecânicas. Falhas mecânicas são passíveis de previsão, através das manutenções preventivas com planejamento e prevenção das falhas.

Nas instalações industriais, as paradas para a manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação de custos, etc (AURAS; MORO 2007).

Além disso, são executadas também manutenções preditivas, que partir dos dados e indicadores oferecidos através de um sistema de monitoramento, é possível identificar as pequenas irregularidades, que podem evoluir para grandes falhas, precocemente, permitindo uma correção imediata (FLUXO CONSULTORIA, UFRJ, 2020).

Manutenção preditiva também faz menção à previsão do defeito de modo condicional para que sejam realizadas intervenções planejadas e programas (SOUZA 2015).

Existem várias falhas que podem ser encontradas nos equipamentos e que



podem ocasionar paradas não esperadas. Nesse trabalho será abordado sobre as vibrações, mais especificamente vibração em exaustores dentro da indústria siderúrgica. A vibração pode ser conceituada como um movimento oscilatório de um corpo excitado por uma força em relação a um ponto de referência (SOUZA, 2015).

Os benefícios da implementação da análise de vibrações nos exaustores são vários. Entre eles estão: Determinar antecipadamente a necessidade de serviço de manutenção em um componente específico dos exaustores; Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção; Aumentar o tempo de disponibilidade dos exaustores; Aumentar a confiabilidade dos exaustores e da linha de produção; Reduzir a manutenção corretiva não planejada; Impedir o aumento dos danos nos exaustores; Aproveitar a vida útil total dos componentes dos exaustores; Melhorar o planejamento e a programação das manutenções; Reduzir custos de manutenção; Aumentar a produtividade e lucratividade; Reduzir estoques de peças sobressalentes (MILANI JUNIOR, 2012).

A análise de vibração consiste em uma técnica avaliativa do comportamento da máquina por meio de sua vibração, onde os dados são obtidos através da rotação ou frequência da máquina em funcionamento. Por meio da metodologia de pesquisa bibliográfica esse trabalho estará voltado para inspeção preditiva e análise de vibração desses equipamentos exaustores. Considerando a análise de vibração de exaustores, a inspeção preditiva verifica-se que esta técnica se torna bastante empregada para detecção de defeitos nesses equipamentos.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho possui como objetivo geral, o estudo que acerca as vibrações, os parâmetros utilizados para a técnica de inspeção preditiva de análise de vibração de exaustores dentro da indústria siderúrgica através de medições realizadas nas vibrações e no aquecimento dos exaustores.

Este estudo é baseado na execução do monitoramento preditivo da vibração nos exaustores de uma indústria siderúrgica a fim de indicação e detecção de falhas e problemas antes que haja parada na linha e seja necessária intervenção não prevista.





### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Fazer um levantamento bibliográfico com a finalidade de demonstrar a importância da análise de vibração e da inspeção preditiva nos equipamentos exaustores;
- Descrever como é o funcionamento de um exaustor, equipamento onde será realizada a análise preditiva acerca das vibrações e também quais são os instrumentos que auxiliam nessa análise;
- Indicar quais são os principais defeitos passíveis de previsibilidade e os sinais que evoluem para as falhas;
- Apresentar o monitoramento dos defeitos de um exaustor em uma grande Indústria Siderúrgica.

## **2 ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DE EXAUSTORES NAS LINHAS DE RECOZIMENTO CONTÍNUO**

### **2.1 METODOLOGIA**

O material utilizado para elaboração da pesquisa se enquadra na abordagem de uma revisão bibliográfica, sendo caracterizado como: básica, pois busca o aprofundamento dos conhecimentos obtidos através da pesquisa bibliográfica para propor soluções aos problemas apontados; descritiva, pois descreve as características do estudo proposto; qualitativa, que estuda as particularidades do tema por meio da observação acerca do tema.

Além disso, trata-se também de um estudo de caso, propondo uma pesquisa qualitativa que visa analisar e correlacionar os fatos por meio de observações e registros, baseado na documentação direta (levantamento de dados no próprio local em que os fenômenos ocorrem) e indireta (levantamento de todos os dados possíveis sobre o assunto a ser pesquisado, independentemente das técnicas utilizadas, sendo documental ou bibliográfico).

Das proposições para condução teórica do trabalho foi realizado um estudo exploratório baseado em materiais confiáveis como livros, artigos publicados, internet e autores reconhecidos que escrevem sobre esse tema.

Para a coleta de dados para a discussão de caso foram utilizados materiais de inspeções dos exaustores e laudos de manutenção preditiva da empresa visando identificação dos problemas diários relacionados à vibração que mais acometiam os equipamentos.



A partir disso, a metodologia de pesquisa empregada no desenvolvimento do trabalho visa adequação dos problemas encontrados nos equipamentos de exaustão a fim de não interromper a linha de produção por meio da manutenção preditiva nessas máquinas.

O estudo feito é primordial, pois referencia e mostra uma visão tecnológica acerca da análise de vibrações nos exaustores da indústria siderúrgica, principalmente no que diz respeito à antecipação das falhas e manutenção preditiva aliada a redução de custos e aumento da produtividade.

### 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A motivação para a realização desse tema aconteceu através de um acidente que dentro da empresa de siderúrgica da região do Vale do Paraíba Médio, no ano de 2020, que resultou em um incêndio na LRC (Linha de Recozimento Contínuo). Também foi motivação a necessidade de encontrar solução viável para evitar a reincidência de quebra dos exaustores da empresa.

A empresa autorizou a divulgação e utilização dos dados coletados na área para o estudo da análise de vibrações dos exaustores por meio do gerente do setor.

No período em que ocorreu o acidente houve uma vibração excessiva no conjunto de exaustores da área da LRC da empresa. Mesmo com a lubrificação dos mancais o problema não foi resolvido. Os parafusos que prendiam os mancais soltaram e a tampa abriu, sendo então elevada, estourando o acoplamento do conjunto e fazendo com que a graxa de lubrificação vasasse dos mancais e provocasse centelhas de fogo, Figura 2.



Figura 2: Incêndio na LRC empresa



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Com o antigo modelo de análise de vibração apenas com o auxílio da preditiva os laudos eram retirados a cada dois meses, tornando inviável a correta manutenção em longo prazo dos conjuntos e fazendo com que quebrassem muito facilmente. Esses problemas eram recorrentes dos exaustores da LRC. Na Figura 3 é possível observar outra evidência da vibração excessiva. O eixo do equipamento arriou e causou um desbalanceamento, observando na imagem que a hélice do rotor começou a esbarrar na estrutura, ocasionando um enorme ruído e sendo novamente preciso parar a linha para correção não programada do incidente.

Figura 3: Eixo arriado e empurrando a estrutura



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Como já mencionado, os laudos obtidos da manutenção preditiva não estavam



sendo suficientes para o suprimento de conservação dos exaustores, não evitavam a quebra e dispensação de gasto absurdo com a compra de novos kits. Abaixo é exibido um relatório de manutenção preditiva dividido entre o motor do exaustor e o exaustor da LRC#2. Nesses laudos são apontados os problemas e a correção a ser executada. Figura 4.

**Figura 4: Laudos com falhas e soluções empregadas**

**TAG:** MT 10260110225010      **Descrição:** MOTOR EXAUST ZONA 01 SECAO AQUEC  
**Área:** ROTAÇÃO FIXA/ROTAÇÃO FIXA/ROTAÇÃO FIXA/10260110225

**Normal**      **VIBRAÇÃO**      **Autor:** MARCELO.CLETO

**Dados da análise:**

Data Coleta:	Data Condição:	Tendência:	Tipo Inspeção:
09/12/2019	09/12/2019 01:53:02	Estável	Rota

**Observação:**  
RS:10260110225010000022201950.Equipamento em condição normal com relação vibração.

### Historico

<b>N</b> 09/12/2019 01:53:02	<b>N</b> 30/09/2019 02:19:01	<b>N</b> 13/08/2019 02:59:01	<b>N</b> 15/05/2019 08:57:24	<b>N</b> 26/03/2019 02:04:02	<b>O</b> 27/12/2018 11:34:10
---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------

### Imagem

Ponto	DT Ant	VLR Ant	DT Atual	VLR Atual	Unidade
MI SIT	30/09/2019	1	09/12/2019	1	
MI 01HA	30/09/2019	0,4617603	09/12/2019	0,4338664	g
MI 01HE3	30/09/2019	1,103671	09/12/2019	1,136937	gE
MI 01HV	13/08/2019	1,609088	09/12/2019	1,800592	mm/s
MI 01VV	30/09/2019	1,716437	09/12/2019	1,522645	mm/s
MI 02HA	30/09/2019	0,4567553	09/12/2019	0,4237953	g
MI 02HE3	30/09/2019	1,009491	09/12/2019	1,133641	gE
MI 02HV	30/09/2019	2,096393	09/12/2019	1,858348	mm/s
MI 02VV	30/09/2019	1,510514	09/12/2019	2,092196	mm/s
MI 02AV	30/09/2019	1,336253	09/12/2019	1,597644	mm/s
MI 01T	30/09/2019	33	09/12/2019	42	C
MI 02T	30/09/2019	30,999	09/12/2019	37,99	C

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Após grande incidência de quebra nos conjuntos de exaustores da LRC da empresa solicitou uma solução viável para acompanhamento com intervalo de tempo menor da vibração e temperatura nesses equipamentos. A área de Engenharia então propôs a utilização da caneta SKF como forma de previsibilidade e atuação previamente na manutenção mais programada antes que fosse preciso parar a linha



para troca total dos exaustores. Gerando perda de tempo e por consequência lucratividade, além do gasto não previsto de R\$140 mil para compra no sistema SAP de cada conjunto a ser substituído.

Foi realizado treinamento na equipe e a partir de então implementada a utilização diária a cada turno da caneta SKF. Essa caneta permitia assim, a visualização do estado do equipamento numa periodicidade menor do que a preditiva em dois meses. A Figura 5 mostra a caneta SKF.

**Figura 5: Caneta SKF**



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

A caneta KSF era capaz de identificar a variável de aceleração em unidade de gE do equipamento e também velocidade em mm/s. Mas também era necessário verificar a temperatura. Para isso foi também incorporada uma leitura com o termo visor em Graus Célsius (°C) de uso diário em consoante com a caneta. A Figura 6 exibe o modelo usado na LRC#2 empresa.

**Figura 6: Termo visor**



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)



Com os dados diários que a caneta SKF fornecia, foi criada então uma tabela que permitia comparar os dados dos parâmetros e acompanhar o aumento ou a diminuição de algumas variáveis como, por exemplo, a aceleração (gE) e velocidade (mm/s), como mostra a Figura 7.

Porém mesmo após a implantação ainda foram substituídos duas vezes os conjuntos de exaustores, mas não porque a caneta não funcionava, mas sim pelo fato de que os colaboradores ainda não estavam completamente adaptados a interpretar os dados que a caneta estava fornecendo. Uma das trocas do conjunto foi identificado através da caneta, que mostrou uma aceleração acima do normal de 14,83 gE durante quatro dias consecutivos. Essa aceleração ocasionou em uma vibração além do normal e necessidade de parada para mais um reparo do equipamento.

Então se pode observar que a caneta SKF é um método resolutivo e que não costuma apresentar erros ou falhas, tendo uma alta confiabilidade. Mas, a exceção está na mão de obra humana que precisa de funcionários bem capacitados e aptos a avaliarem os dados da tabela com um olhar crítico e entendedor a fim de agir rapidamente em caso de leituras anormais na retirada dos relatórios diários.

A Figura 7 na próxima página exhibe a tabela criada a partir da leitura diária do conjunto usando a caneta SKF. Por meio dela é possível diariamente comparar os dados e definir as variáveis: temperatura, aceleração e velocidade de forma normal, aceitável, atenção e perigo.



Figura 7: Relatório de inspeção caneta SKF e termo visor que exibiu alteração anormal na aceleração do exaustor

Relatório de Inspeção Dinâmica Exaustores Aquecimento 2020							
LRC#2	Exaustor	Temperatura (°C)		Aceleração (gE)		Velocidade (mm/s)	
		L.M	L.R	L.M	L.R	L.M	L.R
SEM.06	Zona#1	47°C	42°C	13,44	2,11	3,8	5,7
segunda-feira 03/02	Zona#2	51°C	50°C	2,96	3,52	4,6	3,2
	Zona#3	59°C	51°C	14,83	2,46	9,4	13,2
	Zona#4	52°C	55°C	3,73	2,97	4,8	4,2
	Zona#5	54°C	54°C	11,37	2,47	7,2	5,9
	Zona#6	57°C	58°C	18,34	4,14	4,9	5,7
terça-feira 04/02	Zona#1	47°C	42°C	13,44	2,11	3,8	5,7
	Zona#2	51°C	50°C	2,96	3,52	4,6	3,2
	Zona#3	59°C	51°C	14,83	2,46	9,4	13,2
	Zona#4	52°C	55°C	3,92	2,97	4,8	4,2
	Zona#5	54°C	54°C	11,37	2,47	7,2	5,9
quarta-feira 05/02	Zona#6	57°C	58°C	18,34	4,14	4,9	5,7
	Zona#1	47°C	42°C	13,44	2,11	3,8	5,7
	Zona#2	51°C	50°C	2,96	3,52	4,6	3,2
	Zona#3	59°C	51°C	14,83	2,46	9,4	13,2
	Zona#4	52°C	55°C	3,42	2,97	4,8	4,2
quinta-feira 06/02	Zona#5	54°C	54°C	11,37	2,47	7,2	5,9
	Zona#6	57°C	58°C	18,34	4,14	4,9	5,7
	Zona#1	47°C	42°C	13,44	2,11	3,8	5,7
	Zona#2	51°C	50°C	2,96	3,52	4,6	3,2
	Zona#3	59°C	51°C	14,83	2,46	9,4	13,2
sexta-feira 07/02	Zona#4	52°C	55°C	3,73	2,97	4,8	4,2
	Zona#5	54°C	54°C	11,37	2,47	7,2	5,9
	Zona#6	57°C	58°C	18,34	4,14	4,9	5,7
	Zona#1	51°C	52°C	10,84	1,92	8,8	7,2
	Zona#2	54°C	51°C	4,65	6,82	3,9	0,97
Legenda:	Zona#3	54°C	51°C	2,34	1,93	23,3	18,3
	Zona#4	57°C	52°C	4,15	4,72	3,7	3,2
	Zona#5	54°C	54°C	9,63	3,71	10,9	3
	Zona#6	57°C	58°C	16,23	4,42	11,9	5,7

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

A caneta SKF é usada para a leitura do equipamento de forma radial e axial. As Figuras 8 e 9 mostram respectivamente como são feitas essas leituras.

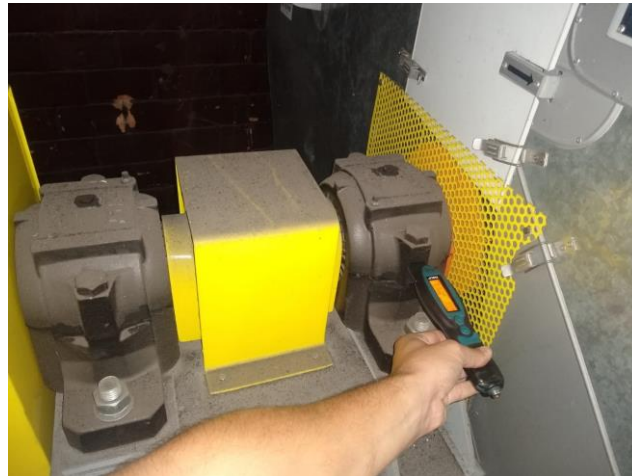
Figura 8: Leitura Radial



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)



**Figura 9: Leitura Axial**



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Hoje, além do relatório da preditiva que era tirado de dois em dois meses e não estava sendo totalmente eficaz para evitar a quebra do conjunto a implantação da caneta SKF foi um sucesso e desde Maio de 2020 a empresa vem economizando.

Algumas quebras ainda ocorreram depois da sua implantação, mas, nenhuma delas em decorrência do não funcionamento da caneta e sim, por falha humana no seu uso e interpretação.

Quando acontecia a quebra dos conjuntos exaustores, a mão de obra para conserto através da busca por parceiro ficava inviável pelo valor muito mais alto que a troca total por equipamentos novos.

Desde Setembro de 2020 não existe mais quebra de conjunto exaustor nas LRC da empresa graças à implantação das leituras de vibração por meio da caneta SKF. Esse método permite que a equipe se programe para a troca de um ou outro componente do conjunto que esteja apresentando falhas antes de ser necessária parada não programada da linha.

Diminuindo a frequência de trocas dos conjuntos foi possível economia de mais de 1,4 milhões de reais, já que no ano de 2019/2020 foram trocados antes do uso da caneta SKF 10 conjuntos de cerca de R\$140 mil cada.

Sem contar o tempo de parada não programada para manutenção, que necessitava de no mínimo dois dias para restauração da linha, consequentemente diminuindo o lucro da siderúrgica, já que a cada segundo que a LRC não trabalha é muito dinheiro que se perde.




A Figura 10 apresenta os valores atualizados do Relatório de inspeção caneta





SKF e termo visor no ano de 2021. Comparando ao relatório de um ano atrás (2020) percebe-se que os números são bem diferentes, muito mais em conformidade com os limites aceitáveis, afirmando assim o sucesso na aplicação em longo prazo.

Figura 10: Relatório de inspeção caneta SKF e termo visor que exibiu alteração anormal na aceleração do exaustor - 2021

Relatório de Inspeção Dinâmica Exaustores Aquecimento 2021							
LRC#2	Exaustor	 Temperatura (°C)		 Aceleração (gE)		 Velocidade (mm/s)	
		L.M	L.R	L.M	L.R	L.M	L.R
SEM.11		L.M	L.R	L.M	L.R	L.M	L.R
segunda-feira 15/03	Zona#1	42°C	51°C	2,74	1,64	3,3	4,2
	Zona#2	48°C	46°C	1,87	1,67	2,3	4,7
	Zona#3	49°C	59°C	1,71	2,07	3,8	4,2
	Zona#4	49°C	49°C	1,77	1,91	3,9	5,3
	Zona#5	49°C	57°C	1,28	2,74	1,7	1,6
	Zona#6	51°C	46°C	2,39	2,96	2,6	3,7
terça-feira 16/03	Zona#1	42°C	51°C	1,29	1,87	2,9	4,2
	Zona#2	40°C	46°C	1,96	0,76	3,6	5,3
	Zona#3	51°C	59°C	1,01	1,02	3,3	3,7
	Zona#4	48°C	59°C	2,51	3,09	2,8	2,3
	Zona#5	49°C	57°C	2,38	2,45	2,9	3,5
	Zona#6	45°C	55°C	2,37	2,09	3,9	2,4
quarta-feira 17/03	Zona#1	41°C	51°C	1,36	2,13	1,2	2,2
	Zona#2	47°C	46°C	1,92	1,02	3,8	2,4
	Zona#3	51°C	49°C	2,14	3,15	2,7	3,6
	Zona#4	48°C	59°C	1,15	2,13	3,6	2,9
	Zona#5	49°C	57°C	2,03	2,14	2,1	1,8
	Zona#6	55°C	65°C	2,65	1,92	3,7	2,6
quinta-feira 18/03	Zona#1	43°C	51°C	3,76	1,15	1,3	1,2
	Zona#2	43°C	46°C	1,87	0,55	3,6	2,3
	Zona#3	51°C	59°C	2,16	2,14	2,9	3,5
	Zona#4	48°C	49°C	2,61	3,16	2,8	3,3
	Zona#5	49°C	57°C	2,35	2,53	1,5	1,9
	Zona#6	65°C	65°C	2,65	1,61	3,5	2,3
sexta-feira 19/03	Zona#1	44°C	45°C	3,55	1,38	1,2	1,3
	Zona#2	43°C	46°C	2,12	0,81	3,8	5,1
	Zona#3	46°C	60°C	1,71	1,48	3,3	4,3
	Zona#4	51°C	59°C	2,76	2,14	4,9	1,9
	Zona#5	42°C	47°C	3,17	2,35	5,6	6,2
	Zona#6	46°C	45°C	2,25	1,94	4,2	3,9

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

Para a implantação da Caneta SKF foram compradas inicialmente três delas. Cada uma em um valor de R\$8.000,00, totalizando R\$24.000,00. Ao longo da utilização dessa Caneta depois de já ver melhoria no levantamento dos dados para análise de vibração foi feito outro investimento de mais três Canetas que custaram o mesmo valor, sendo o preço final de R\$56.000,00 de gasto para compra.

Pensando em investimento versus retorno para a área de manutenção, foi muito satisfatório e lucrativo a implementação da Caneta para coleta desses dados, pois como foi dito anteriormente a economia foi de 1,4 milhões de reais por não



precisar mais fazer a troca constante dos conjuntos de exaustores.

Com a economia da empresa, poderia também ser investido em uma automatização desse projeto. Necessitando de instalação de sensores de vibração como por exemplo acelerômetro e podemos utilizar um registrador inteligente, ou até mesmo um PLC com um sistema de supervisor (Programmable Logic Controller, ou Controlador Lógico Programável). Essa implantação para a linha de recozimento contínuo com seis exaustores ficaria em torno de R\$700.000,00. Comparado à economia gerada através do uso das canetas SKF, a empresa ainda ficaria com o lucro de metade do valor.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria siderúrgica representa hoje um setor enorme que abastece os demais ramos da economia e bens. Pensar em siderurgia é também entender que o aço está presente em variados locais da vida cotidiana. A sua produção é imprescindível ao desenvolvimento tecnológico. A diminuição das falhas nos maquinários das linhas de produção representa maior produção dessa matéria que alimenta diversos setores.

A manutenção preditiva chega como aliada das empresas para prever momentos de falhas em equipamentos antes que possam acometer as linhas de maneira não prevista. A análise de vibração se torna uma ferramenta valiosa para detectar uma das maiores problemáticas que acometem essas máquinas.

A vibração é uma propriedade verificada em quase todas as máquinas industriais. Quando se verifica vibração acima dos parâmetros normais, pode demonstrar não somente o desgaste natural como a indicação da avaliação de suas causas. Perceber o motivo da vibração e de que forma essa vibração se manifesta é um importante passo para prevenção das quebras e outras implicações nas máquinas.

Para a elaboração de um diagnóstico é necessário conhecer o mecanismo onde existe a deterioração que leva até a geração de falhas por meio de parâmetros – no caso o parâmetro analisado é a vibração – permitindo a execução do diagnóstico com boa margem de segurança a fim de que o evento não seja mais frequente.

A detecção de informações sobre a vibração de máquina possibilita revelar dados relevantes a respeito da máquina/mecanismo/equipamento. É uma metodologia considerada efetiva para prever se os equipamentos estejam em boas



condições, principalmente aqueles que possuem elemento rotativo. O investimento nesse tipo de ferramenta é bastante em longo prazo, pois reduz gastos com a manutenção de equipamentos e com recursos humanos. Igualmente a análise de vibração aumenta a vida útil do equipamento e é uma prática que de forma direta diminui o número de paradas não programadas aumentando o desempenho e a produtividade da indústria.

Por conseguinte, em um mercado muito competitivo, a manutenção preditiva e, portanto, a análise de vibração, acaba sendo um poderoso instrumento para monitorar as condições dos equipamentos, aumentando a vida útil, diminuindo o tempo extra de manutenção, minimizando os períodos que as máquinas ficam paradas e, enfim aumentando lucratividade.

### REFERÊNCIAS

AURAS; André Peagle; MORO, Norberto. **Introdução à gestão da manutenção**. 2007. Disponível em: <https://norbertocefetsc.pro.br/downloads/manutencao.pdf>. Acesso em 03 jan. 2021.

CANETA SKF. DEPRO -GGOS – GEM/Preditiva Gerência de Engenharia de Manutenção. Caneta CMAS 100 -SL SKF. Manual de treinamento CSN. 2020.

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; ARAÚJO, E. D. G. Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade. **BNDES Setorial**, v. 41, p. 181-236, 2015.

MILANU JUNIOR, Gabriel. **Análise das vibrações em exaustores de fornos de fábrica de cimento para identificar seus modos de falha**. 2012. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2012.

SOUZA, C. **Apresentação em power point curso de análise de vibração VE Engenharia**. Belo horizonte: VE Engenharia, 2015. Disponível em: <http://www.vecomercial.com.br/produtos/vibracao.html>. Acesso em: 12 ago. 2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ. Fluxo Engenharia **Manutenção preditiva: o que é e como usar na sua indústria?** 2020. Disponível em: <https://fluxoconsultoria.poli.ufrj.br/blog/manutencao-preditiva/>. Acesso em: 05 jan. 2021.

VIANA, Fernando Luiz E. Indústria siderúrgica. **Caderno Etene**, 2017.



**COMPÓSITOS DE RESINA EPOXI COM ADIÇÃO DE PÓ DE VIDRO PARA CONFEÇÃO DE PLACAS PARA CIRCUITO INTEGRADO DESENVOLVIMENTO DE (PCI)**

**EPOXY RESIN COMPOUNDS WITH GLASS POWDER ADDITION FOR MAKING BOARDS FOR INTEGRATED CIRCUIT DEVELOPMENT (PCI)**

**Marco Antônio Gabriel<sup>1</sup>  
Laila da Silva Miguel<sup>2</sup>**

**RESUMO**

O avanço tecnológico tem cada vez mais automatizado e robotizado os equipamentos eletroeletrônicos. Com isso o uso das Placas para Circuito Integrado (PCIs) tornou-se cada vez mais comuns e obrigatórios nos equipamentos. As PCIs foram criadas nos anos de 1936 pelo engenheiro austríaco Paul Eisler, enquanto ele trabalhava na Inglaterra. Eisler patenteou o método de correr uma camada de cobre depositada sobre uma superfície isolante. E Também há registros de 1925, uma patente norte-americana de Charles Ducas, o qual propunha depositar uma tinta condutiva sobre um material isolante, o que originou a expressão “Circuito Impresso”. O meio de condutividade (passagem da Corrente) nestas placas entre os componentes se dá através de uma camada de material condutor na superfície desta placa, que geralmente é o cobre. Os materiais isolantes que hoje são utilizados para fazer estas placas são a fenolite e fibra de vidro. O objetivo principal dessa pesquisa acadêmica será o processamento e caracterização de um compósito, com matriz de resina Epóxi com reforço de pó de vidro. A matriz termoplástica que será estudada é a resina Epóxi.

**Palavras-chave:** Polímeros reforços. Compósito pó de vidro placas de PCI

**ABSTRACT**

Technological advances have increasingly automated and roboticized electronic equipment. As a result, the use of Integrated Circuit Boards (PCBs) has become increasingly common and mandatory in equipment. PCBs were created in 1936 by Austrian engineer Paul Eisler while he was working in England. Eisler patented the method of running a layer of copper deposited over an insulating surface. And there are also records from 1925, a US patent by Charles Ducas, which proposed to deposit a conductive ink on an insulating material, which gave rise to the expression “Printed Circuit”. The conductivity medium (Current passage) in these plates between the components is through a layer of conductive material on the surface of this plate, which is usually copper. The insulating materials that are used today to make these boards are phenolite and fiberglass. The main objective of this academic research will be the processing and characterization of a composite, with Epoxy resin matrix reinforced with glass powder. The thermoplastic matrix that will be studied is Epoxy resin.

**Keywords:** Reinforcement polymers. Composite Glass Powder PCI Boards.

<sup>1</sup> Professor Mestre – Curso de Engenharia – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>2</sup> Acadêmica – Curso de Engenharia – Centro Universitário de Barra Mansa.



## **1 INTRODUÇÃO**

O avanço tecnológico tem cada vez mais automatizado e robotizado os equipamentos eletroeletrônicos. Com isso o uso das Placas para Circuito Integrado (PCIs) tornou-se cada vez mais comuns e obrigatórios nos equipamentos.

As Placas de Circuito Impresso (PCIs) foram criadas nos anos de 1936 pelo engenheiro austríaco *Paul Eisler*, enquanto ele trabalhava na Inglaterra. *Eisler* patenteou o método de correr uma camada de cobre depositada sobre uma superfície isolante. E também há registros de 1925, uma patente norte-americana de *Charles Ducas*, o qual propunha depositar uma tinta condutiva sobre um material isolante, o que originou a expressão “Circuito Impresso”. O meio de condutividade (passagem da corrente) nestas placas entre os componentes se dá através de uma camada de material condutor na superfície desta placa, que geralmente é o cobre. Os materiais isolantes que hoje são utilizados para fazer estas placas são a fenolite e fibra de vidro.

Novos materiais assumem umas posições cada vez mais relevantes no Mercado de Engenharia. O plástico tem tomado um grande espaço no Mercado eletroeletrônico. Às placas hoje desenvolvidas no Mercado tem como base a resina fenólica e utilizam-se como reforços a fibra de vidro e o papel picado (FENOLITE).

No cenário de novos materiais tem se destacado os compósitos. Materiais Compósitos poliméricos que são objeto de nosso estudo tem se tornado uma classe de material que os tornam fortes candidatos para sua utilização em trabalhos que buscam flexibilidade devido sua característica em redução de peso, resistência química e resistência mecânica elevada (MARINUCCI, 2011).

### **1.1 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA**

O objetivo principal dessa pesquisa será o processamento e caracterização de um compósito com matriz de resina epóxi com reforço de pó de vidro.

A justificativa de se estudar o compósito citado será o desenvolvimento de novos materiais com menores custos, quando comparados às placas de *Fenolite*<sup>®</sup> e fibra de vidro atualmente comercializadas.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 POLÍMEROS**

A palavra polímero tem sua origem dos termos poli (muitos) e Mero (partes),



sua formação é dada pela união de diversas moléculas denominadas monômeros, que dão o surgimento de outras moléculas maiores chamadas de macromoléculas (MARINUCCI, 2011).

### **2.1.1 Termoplásticos**

São os chamados plásticos, que são a maior parte dos polímeros comerciais. Como características estes podem ser fundidos diversas vezes e conforme seus tipos podem ser dissolvidos em solventes de diversos tipos. Desta forma este tipo de polímero pode ser reciclado, atendendo uma tendência bastante desejada nos dias de hoje. Suas propriedades mecânicas variam conforme cada tipo de plástico. Estas são verificadas sob temperatura ambiente e podem ser do tipo maleáveis, rígidas ou frágeis (MARQUES, 2016).

Os polímeros termoplásticos podem ser fundidos por efeito de temperatura e pressão e o seu endurecimento ocorre quando são resfriados, pois com essa condição estes tipos de polímeros podem ser facilmente moldados. Quando aplicados pressão e temperatura são iniciados novos ciclos de fusão e endurecimento, portanto suas propriedades físicas são reversíveis. Como exemplo destes temos o Poliestireno (OS), Polipropileno (PP) e o Poli (cloreto de vinilha) (PVC) (MARINUCCI, 2011).

### **2.1.2 Termofixos**

Os Polímeros Termofixos também são conhecidos como termorrígidos. Por ser um material, em sua grande maioria líquidos, que normalmente são mais fáceis de serem processados, tendo como outra grande vantagem a sua temperatura que normalmente é abaixo de 150°C, podendo assim serem processados a temperatura ambiente. Estes materiais não demandam um investimento alto, em função de serem líquidos, não necessitam de equipamentos como injetoras e extrusoras para seu processamento. Quanto a sua solidificação esta ocorrerá pela adição de agentes endurecedores (MARINUCCI, 2011).

## **2.2 MATERIAIS COMPÓSITOS**

### **2.2.1 Definição**

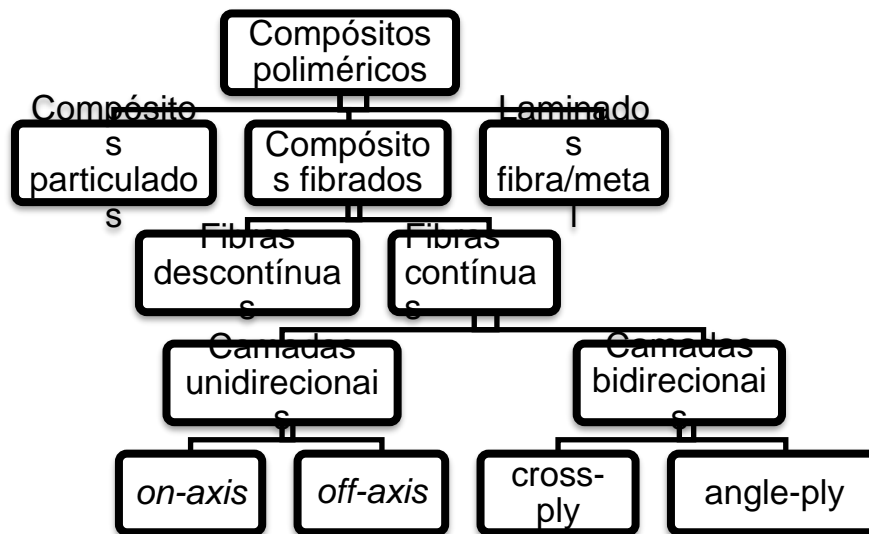
Uma definição Clássica de Compósito é da União de dois ou mais materiais com um resultado melhor em relação as características iniciais de cada material,



porém esse processo já é conhecido há muito tempo (ASHBY, 2007).

De uma forma geral esta definição é utilizada de forma bem estrita, onde considera-se apenas os materiais com combinações de diferentes componentes em uma escala microscópica, dentre estes estão a fibra de vidro, madeira e concreto (SHACKELFORD, 2008).

Figura 1: Classificação dos materiais compósitos



Fonte: SILVA (2017).

### 2.2.2. Compósito Fibrado

Entende-se como compósito fibrado aquele material que tem seu reforço na forma de fibra (MARINUCCI, 2011).

A fibra mais utilizada em compósitos fibrosos é a fibra de vidro. Considerada como compósito moderno, algumas composições do vidro são mostradas na tabela a seguir.



Tabela 01: Composições de Fibra de Vidro de Reforço

Composição (%p)										
Designação	Características	SiO <sub>2</sub>	(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +F)	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	ZrO <sub>2</sub>
Vidro-A	Silica de Cal de Solda Comum	72	≤1	10		14				
Vidro-AR	Resistente a bases alcalinas (para reforço de concreto)	61	≤1	5	≤1	14	3		7	10
Vidro-C	Resistente a Corrosão química	65	4	13	3	8	2	5		
Vidro-E	Composição Elétrica	54	15	17	5	≤1	≤1	8		
Vidro-S	Alta resistência e Alto Módulo	65	25		10					

Fonte: SHACKELFORD (2008).

Porém a fibra mais utilizada é a do tipo E (tipo Elétrico), possui uma atratividade como dielétrico, pois o baixo conteúdo de sódio do Vidro E, caracteriza-a como material Isolante (SHACKELFORD, 2008).

### 2.3 MATRIZES POLIMÉRICAS

Em materiais compósitos temos como base as matrizes. Matriz Polimérica tem





como denominação um determinado material formado por misturas em proporções adequadas e resinas e como agentes de cura são utilizados (iniciadores, endurecedores e promotores), sempre buscando boas propriedades mecânicas e resistência química de excelência (MARINUCCI, 2011).

### 2.3.1 Resina Epóxi

A resina epóxi, também chamada de poliepóxido ou resina epoxídica, é formada por moléculas que contém o grupo epóxi como parte de sua estrutura (Figura 5), são resinas termofixas, que uma vez moldado, não pode ser reciclado. O material tem alta resistência, boa isolamento térmica, baixa toxicidade, baixo custo e alta adaptação a vários processos, pode ser usado a temperaturas elevadas, chegando a 175°C e devido a essas características, são excelentes materiais matrizes para aplicação no desenvolvimento de materiais compósitos avançados. (BELLO *et al*, 2015)

## 2.4 REFORÇOS CERÂMICOS (VIDROS)

### 2.4.1 Breve Histórico

Os primeiros registros sobre um novo material, foi por volta dos anos 5000 ac, entre os mercadores fenícios, este seria o vidro, tal experiência se deu na tentativa de criação de uma fogueira, onde os fenícios observaram em uma mistura de areia com blocos de nitrato de sódio, um líquido transparente que mais tarde seria o vidro (CALDAS, 2012).

No ano de 100 ac os romanos deram sua contribuição para a fabricação de vidros com a utilização da técnica do Sopro utilizando moldes e aumentando significativamente a possibilidade de uma produção seriada pela indústria. Os romanos foram os primeiros a utilizar o vidro para janelas (CALDAS, 2012).

No Egito o vidro começou a ser produzido com seus elementos básicos de sua composição com a utilização de Cálcio, Cal, Potássio e barrilia, porém eram vidros opacos e arenosos, no Egito também foi desenvolvida a técnica do fole aplicada ao forno, conseguiu-se assim o aumento do calor e assim tornando a massa vítrea mais maleável (CALDAS, 2012).

Muitos autores definem vidros de forma que estas se completam porém a definição adotada pelo grupo de crescimentos de cristais e materiais cerâmicos (CCMC), "Vidros é um sólido não cristalino com ausência completa de ordem a longo



alcance e periodicidade, exibindo uma região de transição vítrea” (SILVA, 2013).

No Brasil a história da indústria do vidro iniciou-se com a invasão dos holandeses em 1624, com a instalação da primeira oficina de vidros em Olinda realizada por 04 artesãos produzindo vidros para janela, copos e frascos. Em 1812 instalou-se uma Fábrica na Bahia onde iniciou-se a produção de vidros lisos, de cristal branco, frascos, garrafões e garrafas, no século XX, propriamente no seu início, foi onde a indústria do vidro desenvolveu a introdução de fornos contínuos e equipamentos de recuperação de calor e equipamentos automáticos (CALDAS, 2012).

Foi com a junção da inglesa Pilkington e a francesa Saint Gobain, no ramo de vidro que foi criada em 1982 no estado de São Paulo a CEBRACE, esta foi a primeira fábrica de vidro float no Brasil, já em 1998 a multinacional americana Guardian se instalou em Porto Real, hoje temos 04 empresas de vidros instaladas no Brasil Cebrace, Guardian, UBV e Saint-Gobain (CALDAS, 2012).

### 2.5 RECICLAGEM DE VIDROS

A reciclagem do vidro hoje é realizada por 03 tipos, sendo estas: vidro automotivo, o plano e o de embalagem. Para que possam ser reaproveitados os cacos devem ser homogêneos para que possam ser reutilizados em fabricação de novos vidros, este processo de reciclagem se dá com a separação do material e estes são levados há uma máquina onde se realiza a trituração do Material. Ocorrendo ainda uma lavagem para retirada das impurezas, após este processo o material torna-se matéria prima podendo novamente ser reaproveitado na indústria vidreira.

Com a reciclagem do vidro obtemos várias vantagens para a natureza e sociedade, dentre elas podemos citar a geração de emprego e renda com a captação e comercialização do caco; aumento da vida útil dos aterros sanitários e economia de energia no processo de fusão. Na figura abaixo podemos ver a realização deste processo (CALDAS, 2012).



**Figura 2: Ciclo de Reciclagem do Vidro**



**Fonte:** CALDAS, 2012.

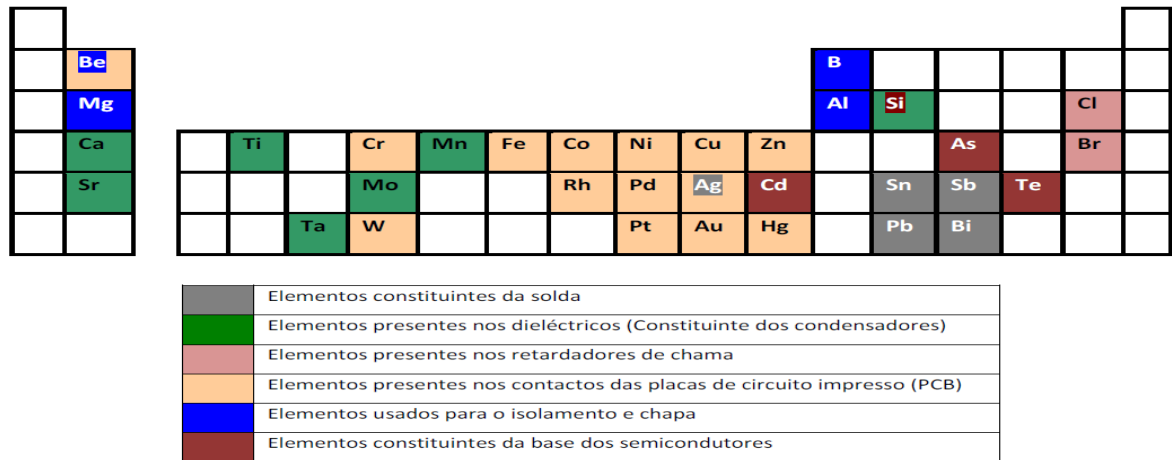
## 2.6 PLACAS ELETRÔNICAS (PCIS)

A Placa de circuito impresso é o componente mais básico e mais comum de uso na indústria eletrônica para construção de circuitos eletrônicos. Com a utilização de uma camada fina de um condutor estampado na placa, esta que por sua vez é construída de material isolante, a corrente elétrica circula por esse condutor que está interligado entre os componentes fixados por solda, substituindo assim a fiação, obtém-se desta forma uma melhor distribuição dos componentes e ocasionando a diminuição de equipamentos (SCHMIDT, 2012).

O Circuito impresso constitui-se de uma placa de fenolite, fibra de vidro, filme polyester, filmes específicos, à base de diversos polímeros, sua face normalmente é coberta por uma camada de material condutor cobre ou prata, onde são desenhadas trilhas que interligam os componentes eletrônicos, a placa mostrada na figura 15 a seguir ilustra os componentes normalmente encontrados nestas placas (PACHECO, 2015).



Figura 3: Elementos contidos na Placa de Circuito impresso.



Fonte: PACHECO (2015)

Tabela 02: Comparação entre materiais usados nas placas

Tipo	Comparação entre materiais usados nas placas				
	Custo	Resistência Mecânica	Resistência Térmica	Isolação Galvânica	Resistência à fusão
Fenolite	Baixo	Razoável	Baixa*	Baixa	Baixa
Fibra de Vidro	Alto	Alta	Alta	Alta	Alta

\*no caso de queima e carbonização, o fenolite torna-se condutor

Fonte: SCHMIDT (2012)

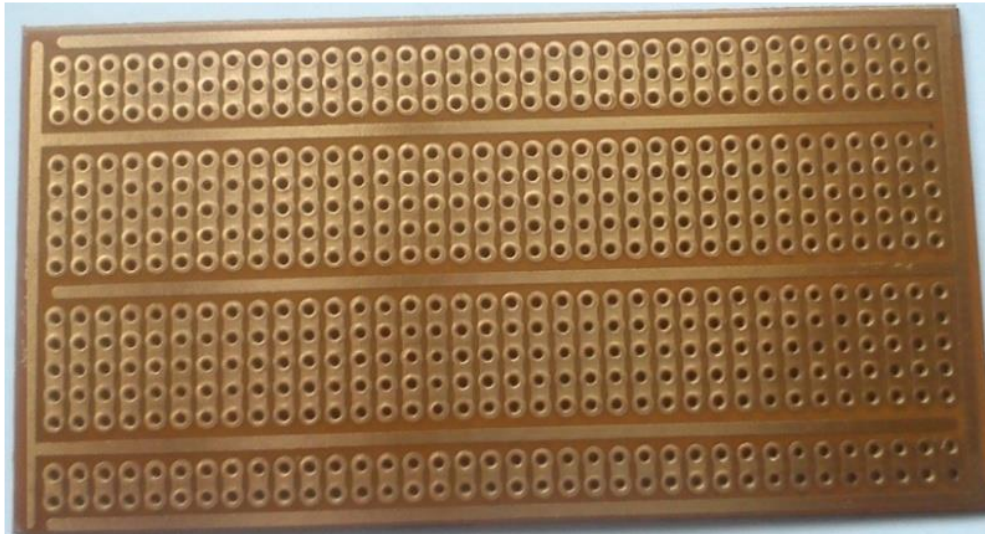
### 2.6.1 Placas de Resina Epóxi

#### Placas de Fenolite

Da mistura de resina fenólica (nome genérico de um grupo de matérias plásticas que se obtém por condensação de fenóis com aldeídos) com papel picado ou de serragem de madeira (material utilizado para carga) origina-se a placa de fenolite, figura 19, que possui uma cor clara ou escura, dependendo do tipo de carga utilizada. Essa mistura é moldada e prensada.



**Figura 4 - Placa de Fenolite**



**Fonte:** PACHECO (2015)

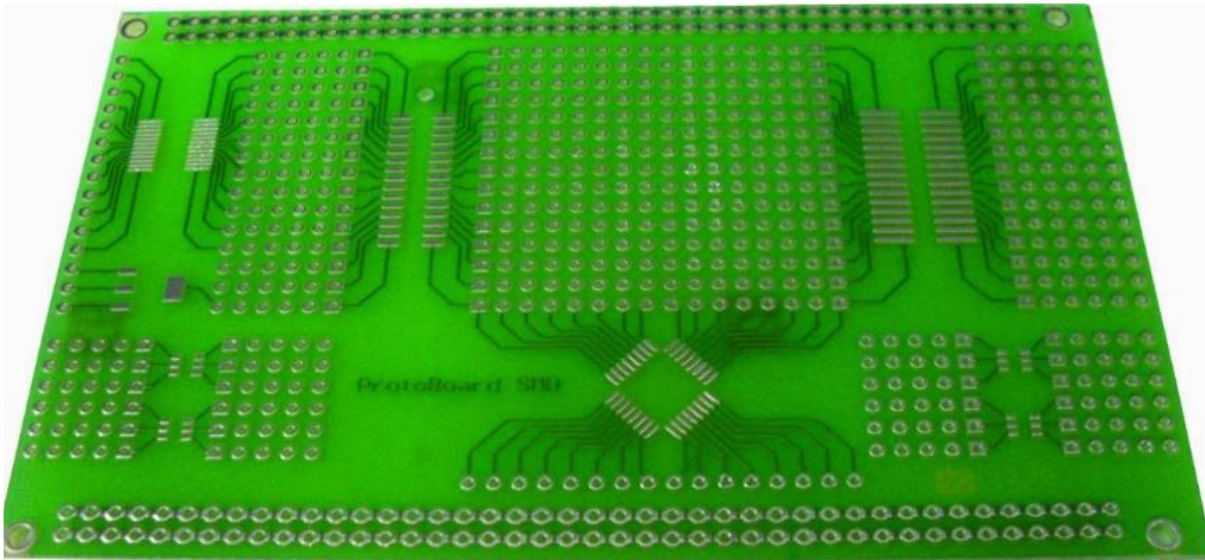
Segundo Pacheco, por ocasião da carga deste material ser à base de celulose, este apresenta um problema no que é a absorção de umidade, prejudicando, assim, suas características isolantes e facilita o seu empenamento, porém ainda são utilizadas por hobistas e pequenos fabricantes, principalmente pelo seu custo.

### **2.6.2 Placas de Fibra de vidro**

Pelo fato da placa de fenolite apresentarem os problemas citados anteriormente, principalmente o de absorção de umidade, foram criadas as placas de fibra de vidro, na verdade estas placas são feitas de resina epóxi possuindo internamente uma fina camada de fibra de vidro. Devido a utilização deste material epóxi as placas tornaram-se mais duras a sua perfuração, mas em contrapartida resolveu-se o problema da absorção de umidade. A dureza epóxi é idêntica a dureza do granito, necessitando assim a utilização de ferramentas especiais para sua perfuração, além é claro de estas serem até 30 % mais caras que as placas de fenolite (PACHECO, 2015).



Figura 5: Placa de Epoxi com fibra de Vidro



Fonte: PACHECO (2015)

### 2.6.3 Logística reversa (Reciclagem) de placas de PCI

A Placa de Circuito impressa montada com seus componentes tem uma composição muito heterogênea devido à diversidade da composição de materiais existentes nos componentes, devido a esta composição de diversos materiais a sua reciclagem torna-se muito difícil, com o crescimento do trabalho de reciclagem e o acúmulo de vários materiais nestas placas, vem sendo atraente a utilização destes materiais com outros termoplásticos para a confecção de novos compósitos, contribuindo assim para o controle do descarte destas placas na natureza (AMARAL, 2014). No trabalho realizado pelos autores, foi feita uma demonstração da possibilidade de realização desta reciclagem e concluíram que “além da grande importância ambiental no reaproveitamento das placas descartadas dos componentes eletrônicos, os testes mecânicos mostram que as propriedades dos materiais compósitos nas 6 configurações obtidas caracterizam possível uso em substituição ao PP puro.

## 2.7 MATERIAIS E METODOS

Desenvolvimento de compósitos que apresentem mesmas ou se aproximem das características do material comercial, oferecendo novas alternativas.



### 2.7.1 Materiais

Para a realização deste trabalho, foram utilizados Resina Epóxi e pó de vidro, coletado na esteira de uma fábrica de vidros planos da região.

#### 2.7.1.1 Resina Epoxi

**Figura 6: Resina Epoxi 2001**



**Fonte:** Elaborada pelos autores

#### 2.7.1.2 Pó de Vidro

**Figura 7: Pó de vidro em granulometria recolhida nas esteiras de Processo**



**Fonte:** Elaborada pelos autores



### 3.2 MÉTODOS

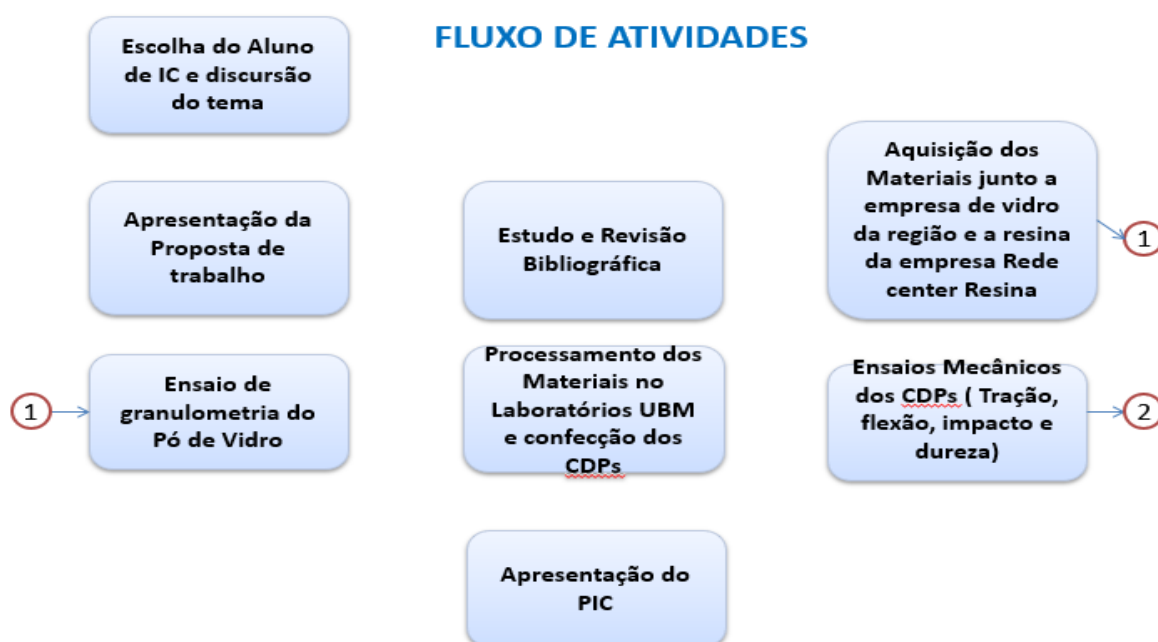
#### 3.2.1 - Verificação de granulometria do Pó de vidro utilizado

Tabela 03: Teste granulométrico Pó de vidro

TIPO PENEIRA		PESO PENEIRA VAZIA	PESO COM MATERIAL RETIDO	MATERIAL RETIDO EM CADA PENEIRA	PESO TOTAL DO MATERIAL MED 300 g
PENEIRA 20	850 µm	449,81 g	449,92 G	0,11 g	0,04%
PENEIRA 30	600 µm	325,64 g	325,94 G	0,3 g	0,10%
PENEIRA 40	425 µm	403,33 g	411,03 G	7,7 g	2,57%
PENEIRA 50	300 µm	348,00 g	441,60 G	93,6 g	31,20%
PENEIRA 100	150 µm	344,38 g	485,92 G	141,54 g	47,18%
PENEIRA 200	75 µm	313,92 g	353,99 G	40,07 g	13,36%
FUNDO		414,81 g	431,45 g	16,84 g	5,61%

Fonte: Elaborada pelos autores

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO







### **PRÓXIMAS ETAPAS PARA A CONCLUSÃO DA PESQUISA**

Pesagem proporcional e misturas dos materiais (Pó de vidro e resina)

Confecção dos corpos de tração, flexão e impacto

Ensaio mecânicos de tração, flexão e impacto

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Resultados esperados.

- Testar novos materiais compósitos com a mistura do reforço de pó de vidro a Resina Epoxi.
- Verificar via Ensaio Mecânicos a compatibilidade deste compósito com os utilizados industrializados.
- Verificar possibilidade através de Start UP difusão e industrialização destes materiais.

### **REFERÊNCIAS**

ASHBY, Michael F.; JONES, E. **Engenharia de materiais**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

CALDAS, Thais Cristina da Costa. **Reciclagem de resíduo de vidro plano em cerâmica vermelha**. Dissertação apresentado ao Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Materiais. Universidade Estadual do Norte Fluminense; Campos dos Goytacazes, RJ, 2012.

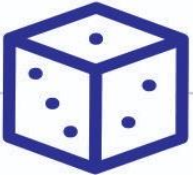
MARINUCCI, Gerson. Materiais compósitos poliméricos. **Artliber**, São Paulo, v., n, 2011.

MARQUES, Luiza. O que são polímeros e porque são interessantes. **Jornal Diário do Sul**, São Paulo, 2016.

PACHECO; Monique do Amaral. **Desenvolvimento de um sistema para separação de componentes eletrônicos e elaboração de materiais para reciclagem**. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais), UniFOA. Volta Redonda, 2015

SHACKELFORD, James F. **Ciência dos materiais**. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2008.

SCHMIDT; Paula Novais da Silva. **A qualidade de placas de circuito impresso confeccionadas a partir de poliestireno reciclado**. Dissertação (Mestrado – Engenharia Mecânica – materiais) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2012.



SILVA, André Diniz Rosa da. **Preparação e caracterização de um novo sistema vítreo multicomponente a base de oxido de boro.** Dissertação (Mestrado - Ciência e Engenharia de Materiais, área de concentração Desenvolvimento, caracterização e aplicação de materiais) - Programa de Pós-graduação Interunidades em Ciências e Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo. São Carlos/SP, 2013.



**DIMENSIONAMENTO DE CORREIA TRANSPORTADORA INDUSTRIAL**  
**INDUSTRIAL CONVEYOR BELT SIZING**

**Claudio Melchior Barbosa Neto<sup>1</sup>**  
**Igor Vinícius da Conceição Pereira<sup>2</sup>**  
**Fernando da Silva Santos<sup>3</sup>**  
**Jailson Alexandre da Cruz<sup>4</sup>**  
**Luara Ribeiro dos Santos<sup>5</sup>**  
**Nathália de Souza Knupp Marinho<sup>6</sup>**

**RESUMO**

As correias transportadoras são bem conhecidas por quem trabalha na área industrial. São produtos fundamentais para maquinários de transporte de diversos tipos de materiais, desde leves, como embalagens, aos mais pesados, como na mineração. O presente trabalho tem o objetivo de discutir sobre o funcionamento de uma correia transportadora, entendendo sucintamente seu dimensionamento mecânico, bem como analisar o dimensionamento de sua estrutura. Por meio da engenharia, serão apresentados as fases para dimensionamento e seleção das correias transportadoras, tais como: o tipo de material a ser transportado e sua condição; definição da largura mínima da correia transportadora; velocidade da transportadora em função da largura da correia; cálculo da quantidade de material a transportar; cálculo da potência de acionamento; cálculo da tensão de acionamento; cálculo da classe de resistência da correia transportadora; definição do tipo de material de reforço e número de telas e por último os tipos de construções mais utilizadas.

**Palavras-chave:** Correias transportadoras. Dimensionamento mecânico. Seleção. Estrutura. Engenharia.

**ABSTRACT**

Conveyor belts are well known to those working in the industrial field. They are fundamental products for machinery for transporting various types of materials, from light, such as packaging, to heavier ones, such as in mining. This work aims to discuss the operation of a conveyor belt, briefly understanding its mechanical dimensioning, as

<sup>1</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>2</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>3</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>5</sup> Acadêmica – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: luararibeiro73@gmail.com

<sup>6</sup> Acadêmica – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.



well as analyzing the dimensioning of its structure. Through engineering, the phases for sizing and selection of conveyor belts will be presented, such as: the type of material to be transported and its condition; definition of the minimum width of the conveyor belt; conveyor speed as a function of belt width; calculation of the quantity of material to be transported; calculation of drive power; calculation of drive voltage; calculation of the conveyor belt strength class; definition of the type of reinforcement material and number of screens and finally the most used types of constructions.

**Keywords:** Conveyor belts. Mechanical dimensioning, Selection. Structure. Engineering.

### 1 INTRODUÇÃO

O fluxo de movimentação da indústria e de matéria-prima das grandes empresas depende essencialmente da escolha correta e racional do tipo de máquina de elevação e transporte, seus principais parâmetros e eficiência de trabalho (RUDENKO, 1976). Quando se busca diminuir custos no processo produtivo de uma empresa, um dos pontos mais importantes a ser estudado é o encurtamento, ou diminuição de tempo, entre matéria-prima e produto final processado (TAMASAUSKAS, 2000).

As correias transportadoras são bem conhecidas por quem trabalha na área industrial. São produtos fundamentais para maquinários de transporte de diversos tipos de materiais, desde leves, como embalagens, aos mais pesados, como na mineração. Com a evolução da indústria, as correias transportadoras adquiriram papel importante nessa etapa e foram fundamentais, sem dúvida, para o progresso do segmento industrial.

A mecanização de um processo produtivo diminui os custos de mão de obra, erros de produção e manutenção, mas para isso deve haver uma escolha adequada das máquinas de elevação e transporte, onde não requer somente um conhecimento técnico sobre o maquinário, mas também é necessário o conhecimento profundo sobre os tempos de processo (RUDENKO, 1976).

A escolha correta do transportador é uma decisão técnica e econômica. É técnica porque envolve conhecimento de sistemas de transporte, características operacionais, capacidades e velocidades. É econômica pois envolve tempos, capacidades, custos operacionais, custos de manutenção, entre outros.

São vários os tipos de equipamento de transporte e o projeto do mesmo está ligado diretamente ao material a ser transportado e o espaço físico disponível para o



equipamento (TAMASAUSKAS, 2000). Para projetos de grandes estruturas são necessárias algumas considerações de projeto que podem influenciar um elemento ou até mesmo o sistema inteiro, tais considerações devem ser levadas em conta no dimensionamento da estrutura e em suas análises de projeto (SHIGLEY, 2005).

O presente trabalho irá apresentar as correias transportadoras, sendo elas o meio de transporte de materiais mais empregados na indústria, minas, portos, entre outros.

É uma máquina de manipulação de materiais que, em combinação com outros dispositivos, é utilizada em numerosos processos com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações. Apresenta economia e segurança de operação, confiabilidade, versatilidade e enorme gama de capacidades.

Para substituir o uso de pessoas o processo de mecanização envolve grandes investimentos. Além disso, a depreciação do bem e juros sobre o capital absorvem a maior parte dos custos estabelecidos para produção e esse deve ser absorvido pela economia de mão de obra e espaço (LANGUI, 2001).

Um organizado sistema de transporte pode melhorar a qualidade de um produto, aumentar a produtividade, diminuir os custos e melhorar as condições de trabalho. Empresas com fortes investimentos em movimentação de carga obtêm notáveis progressos financeiros (RUDENKO, 1976).

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo geral

Discutir sobre o funcionamento de uma correia transportadora, entendendo sucintamente seu dimensionamento mecânico, bem como analisar o dimensionamento de sua estrutura.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

Em busca de atingir o objetivo proposto, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- a) Estudo sobre os tipos de componentes de uma transportadora de correia e sua estrutura;
- b) Dimensionar analiticamente os componentes da esteira;
- c) Dimensionar a estrutura inicial de uma esteira.



## 2 DIMENSIONAMENTO DA CORREIA TRANSPORTADORA

### 2.1 PROJETO DE ENGENHARIA

Projeto consiste tanto em solucionar um problema quanto formular um plano para a satisfação de uma necessidade, onde o resultado desse plano deverá ser seguro, funcional, competitivo, confiável, manufaturável, utilizável e mercável. Para que tais planos sejam alcançados, conhecimentos específicos em áreas de engenharia devem ser utilizados. Um simples mancal de deslizamento envolve transferência de calor, fluxo de fluido, fricção, seleção de material, transporte de energia e assim por diante (SHIGLEY, 2005).

A seguir serão descritas algumas fases do projeto.

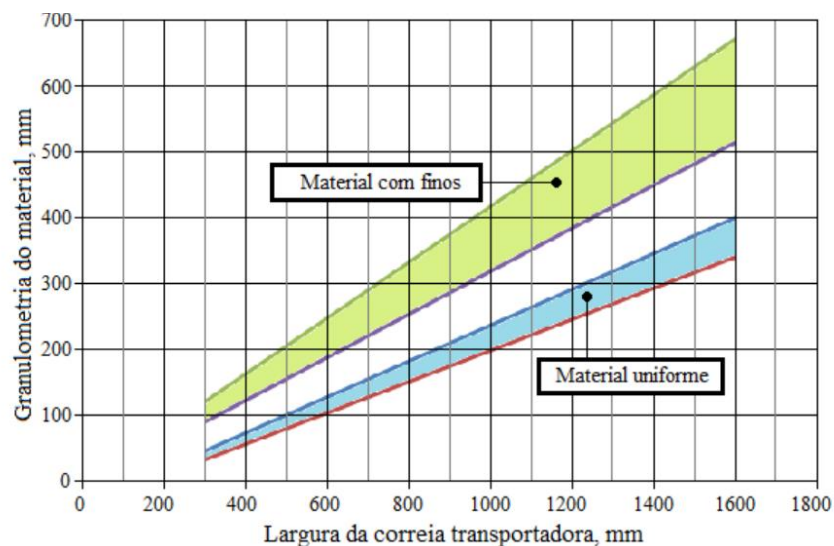
#### a) Material a transportar e sua condição

Conhecido o material a transportar, a sua granulometria e a sua condição (seco, húmido). Para efeito de transporte, muitos materiais apresentam-se com diferentes granulometrias e diferentes condições. São indicados: densidade aparente, ângulo de repouso, ângulo de sobrecarga e ângulo de inclinação máxima de transporte para determinada velocidade de transporte e a abrasividade.

#### b) Definição da largura mínima da correia transportadora

A largura mínima da correia transportadora é dependente da granulometria do material a transportar, como se pode verificar na Figura 01, a qual mostra as larguras mínimas recomendadas para materiais de granulometria uniforme e materiais contendo partículas de maior dimensão em mistura com partículas mais finas.

Figura 01 - Largura da correia transportadora em função da granulometria do material.



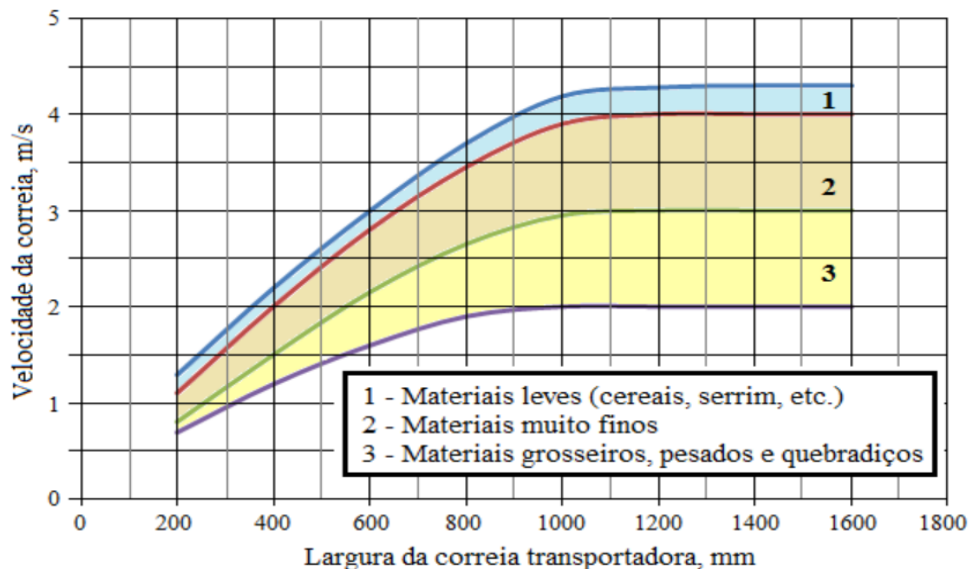
Fonte: CAETANO (2019)



### c) Velocidade do transportador em função da largura da correia

Na Figura 02 mostra-se a relação de velocidade da correia transportadora, em m/s, com a sua largura, em mm, para diferentes tipos de materiais. Já conhecedores da largura mínima da correia transportadora e das características do material a transportar, fica a conhecer-se a velocidade de operação, em m/s.

Figura 02- Velocidade do transportador em função da largura da correia



Fonte: CAETANO (2019)

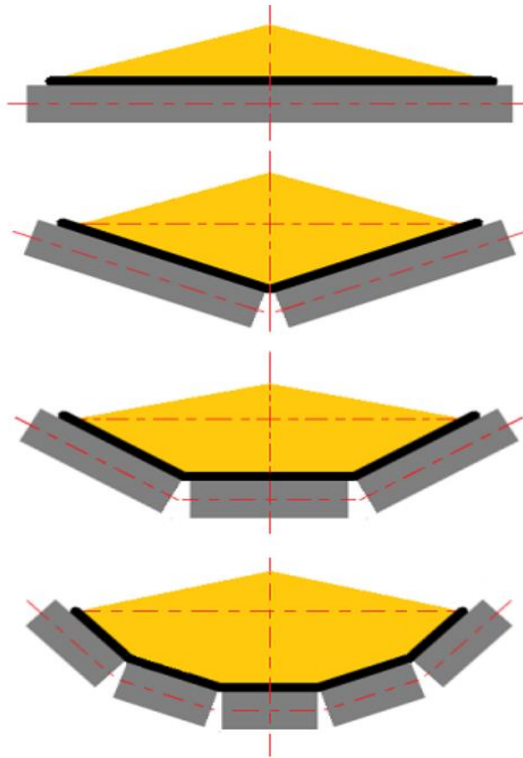
### d) Cálculo da quantidade de material transportado

Com os elementos já conhecidos, relativos ao material a transportar (a sua densidade aparente,  $d$ ), a largura mínima da correia transportadora ( $b$ ) e a sua velocidade de operação ( $v$ ), estamos aptos a calcular a quantidade de material transportado por hora.

Mais geralmente o sistema de apoio de uma correia transportadora é constituído por um rolete, dois roletes, três roletes ou por cinco roletes (disposição de Garland), como se pode verificar na Figura 03. Os sistemas de dois roletes podem operar com diferentes ângulos de inclinação; geralmente  $20^\circ$  e  $30^\circ$ . Nos sistemas de três roletes, o rolete central está na posição horizontal e os roletes laterais possuem uma inclinação de  $20^\circ$ ,  $30^\circ$  ou  $45^\circ$ . Nos sistemas com cinco roletes, o rolete central está na posição horizontal; seguem-se roletes inclinados de  $30^\circ$  e os roletes superiores inclinados a  $45^\circ$  ou  $60^\circ$ .



Figura 03 - Sistemas de apoio típicos de correias transportadoras



Fonte: CAETANO (2019)

Vamos admitir que a correia trabalha apoiada num sistema de três roletes, com um comprimento  $w$ , em que os rolos exteriores possuem uma inclinação de  $45^\circ$  (ângulo  $a$ ) (Figura 04). Vamos admitir também que a correia possui a largura  $B$ , que o material transportado possui um ângulo de sobrecarga  $b$ , e que a largura máxima do material na secção de carga é  $b$ . A medida  $x$  corresponde ao comprimento de correia em contacto com o material no rolete lateral. Vamos ainda designar por  $A_1$  a área da secção transversal de carga que corresponde ao ângulo de sobrecarga  $b$  e  $A_2$  a área da secção transversal de carga situada por debaixo da área  $A_1$ . A secção transversal de carga é, naturalmente  $A = A_1 + A_2$ .

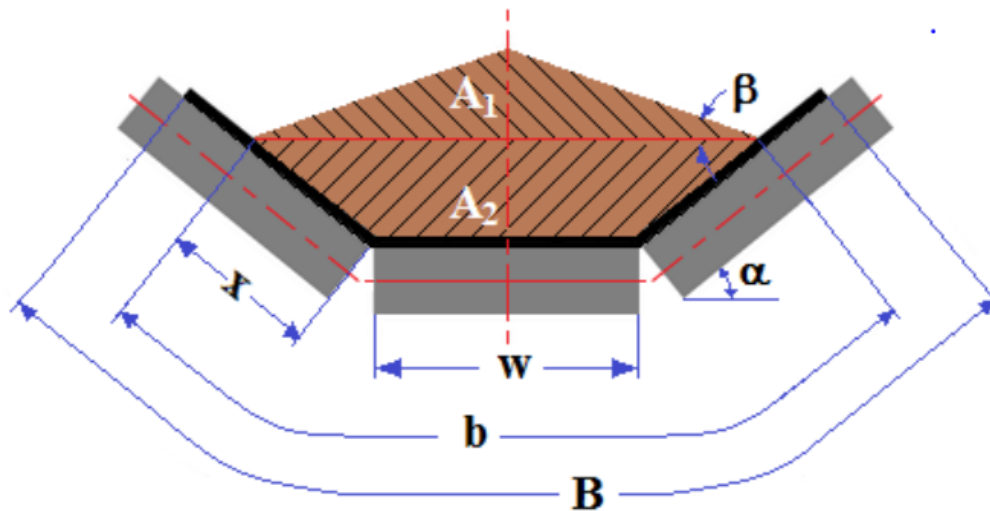
Vamos considerar, para efeitos de cálculo, as seguintes relações:

- $b = 0,9.B - 50$  (grandezas em milímetros), para correias transportadoras com largura  $\leq 2000$  mm, e:
- $b = B - 250$  (grandezas em milímetros), para correias transportadoras com largura  $> 2000$  mm.





Figura 04 - Secção transversal de carga, num sistema de apoio com três roletes



Fonte: CAETANO (2019)

Vamos efetuar a comparação dos valores da seção transversal de carga para os diferentes sistemas de apoio, para uma correia transportadora com 1000 mm de largura, que transporta um material que apresenta um ângulo de sobrecarga de  $15^\circ$ .

Na Tabela 1 indicam-se as dimensões dos roletes, para as várias configurações e para diferentes larguras das correias transportadoras.

As larguras dos roletes para as várias disposições, para a correia transportadora com 1000 m de largura que vamos considerar, são as seguintes:

- I. Correia apoiada num rolete: 1150 mm;
- II. Correia apoiada em dois roletes: 600 mm;
- III. Correia apoiada em três roletes: 380 mm;
- IV. Correia apoiada em três roletes (disposição profunda): 250 mm;
- V. Correia apoiada em cinco roletes: 205 mm.



Tabela 1 - Largura dos roletes em função do tipo de sistema de apoio e da largura da correia transportadora

Largura da correia, mm	Largura dos roletes, mm				
300	400	200	-	-	-
400	500	250	200	-	-
500	630	320	200	-	-
600	800	320	250	-	-
650	800	400	250	-	-
800	1000	500	320	320	200
1000	1250	630	400	400	250
1200	1400	800	500	500	250
1400	1600	800	500	500	320
1600	1800	1000	630	630	400
1800	2000	1000	630	630	400
2000	2200	1100	800	800	500
2200	2500	1250	800	800	500
Observações	Disposição normal	Disposição normal	Disposição normal	Disposição profunda	Disposição Garland
Ângulos usuais	0°	20° e 30°	20°, 30° e 45°	20°, 30° e 45°	30°/60°

Fonte: CAETANO (2019)

Vamos então calcular as áreas das seções transversais de carga para os vários tipos de sistemas de apoio da correia transportadora e efetuar a comparação do ponto de vista de capacidade de transporte das várias disposições, as quais se mostram na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 - Cálculo das seções transversais de carga

Tipo de disposição	Ângulos	Área da secção transversal, m <sup>2</sup>	Capacidade relativa de carga, % <sup>(1)</sup>
	0°	0,04839	44,0
	20°	0,1008	91,6
	30°	0,1145	104,1
	20°	0,09351	85,0
	<b>30°</b>	<b>0,1100</b>	<b>100</b>
	45°	0,1247	113,4
	20°	0,09893	89,9
	30°	0,1161	105,5
	45°	0,1285	116,8
	30°/60°	0,1329	120,8

Fonte: CAETANO (2019)

Nota (1) – Considerou-se como secção transversal base de comparação, a secção correspondente à disposição de suporte com três rolos com os roletes laterais a 30°, a qual é uma disposição muito utilizada.



A quantidade de material transportado por hora obtém-se com a seguinte expressão:

$$Q = 3600 \times A \times V \times D \times K'$$

Sendo:

Q – A quantidade de material transportado, em Ton/hora;

A – A secção transversal de carga, em metros quadrados;

V – A velocidade do transportador, em metros por segundo;

D – A densidade aparente do material transportado, em Ton/m<sup>3</sup>;

K' – Um coeficiente que depende do ângulo de inclinação do transportador e que tem os valores indicados na Tabela 3, abaixo.

**Tabela 3 - Coeficientes K' em função da inclinação do transportador e do tipo de material transportado**

Ângulo de inclinação, $\delta$ , Graus	Valores de K'		
	Materiais de granulometria média e uniforme	Materiais grosseiros e relativamente esféricos	Materiais pegajosos
2	1,00	–	–
4	0,99	–	–
6	0,98	–	–
8	0,97	–	–
10	0,95	–	–
12	0,93	–	–
14	0,91	–	–
15	0,90	0,89	1,00
16	0,89	0,87	0,98
18	0,86	0,84	0,96
20	0,82	0,81	0,93
21	0,80	0,79	0,91
22	0,78	0,77	0,89
23	0,76	0,74	0,87
24	0,73	0,72	0,85
25	0,71	0,70	0,82
26	0,68	0,67	0,79
27	0,66	0,65	0,77
27	0,66	0,65	0,77
28	0,64	0,62	0,74
30	0,60	0,56	0,69
35	–	–	0,58
40	–	–	0,47

Fonte: CAETANO (2019)



Depois de efetuado o cálculo, se a quantidade de material transportado por hora for inferior à quantidade pretendida, será considerada uma largura de correia superior e/ou aumentar a sua velocidade, desde que se situa no campo adequado. O cálculo deve então ser repetido para verificação. Caso a quantidade seja superior ao desejado, deve reduzir-se à velocidade de operação, já que a largura previamente selecionada da correia transportadora é a mínima para o tipo de material a transportar. De qualquer forma, o cálculo deve ser sempre repetido para verificação. Por razões de economia, sempre se procurará utilizar uma correia transportadora mais estreita e que opere a uma velocidade mais elevada, compatíveis com o tipo de material e com processos de carga e descarga satisfatórios.

### e) Cálculo da Potência de Acionamento

A Potência de Acionamento  $P$  resulta da soma de três parcelas  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , as quais correspondem, respectivamente, às potências necessárias para:

- O funcionamento da correia transportadora em vazio;
- O deslocamento horizontal da carga;
- O deslocamento vertical da carga.

### Potência $P_1$ para o funcionamento da correia transportadora em vazio

Esta potência é proporcional a um coeficiente  $C$ , que é função do comprimento da correia transportadora, ao coeficiente de atrito  $f$ , à distância entre eixos do transportador  $L$ , à velocidade da correia transportadora,  $v$ , e a um coeficiente  $M_v$ , que é função do peso de partes móveis existente por metro linear de estrutura do sistema transportador. Assim, temos:

$$P_1 = \frac{C \times f \times L \times v \times M_v}{75}$$

Como  $M_v = (2 \times P_c \times \cos \delta + M)$

$$P_1 = \frac{C \times f \times L \times v \times (2 \times P_c \times \cos \delta + M)}{75}$$



Sendo  $P_c$  o peso por metro linear de correia transportadora,  $\delta$  o ângulo de inclinação do sistema transportador e  $M$  o peso de partes móveis. Com o valor de  $P_1$  em CV. Conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Valores do coeficiente  $C$

Distância entre eixos, m	Coeficiente $C$	Distância entre eixos, m	Coeficiente $C$
3	9,0	50	2,20
4	7,6	63	2,00
5	6,6	80	1,85
6	5,9	100	1,70
8	5,1	125	1,60
10	4,5	160	1,50
14	4,0	200	1,40
16	3,6	250	1,30
20	3,2	320	1,17
25	2,9	400	1,10
32	2,6	500	1,05
40	2,4	1000	1,05

Fonte: CAETANO (2019)

Na Tabela 5 são indicados os valores para os coeficientes de atrito  $f$ , para três condições de trabalho da instalação.

Tabela 5 - Coeficiente de atrito  $f$

Condições de trabalho da instalação	Coeficiente $f$
Transportadores com condições de trabalho e de manutenção fracas	0,025-0,035
Transportadores com condições de trabalho e de manutenção normais	0,020-0,025
Transportadores com condições de trabalho boas e elevado nível de manutenção	0,018-0,20

Fonte: CAETANO (2019)

Na Tabela 6 indicam-se os valores do coeficiente  $M$ , que são, afinal, os valores médios dos pesos das partes móveis, por metro de transportador, em kg/m, em função da largura da correia e do tipo de serviço para que o transportador foi projetado (serviço leve, serviço moderado, serviço pesado e serviço pesado com correias com reforço de aço).



Tabela 6 - Valores do coeficiente *M*

Largura da correia, mm	Peso das partes móveis, kg/m			
	Serviço leve (roletes 102 mm)	Serviço moderado (roletes de 127 mm)	Serviço pesado (roletes de 152 mm)	Serviço pesado (roletes de 152 mm) – Correias com reforço de aço
400	20	22	30	–
450	22	25	33	–
500	25	29	37	–
600	29	36	45	49
700	34	43	52	58
750	37	46	57	63
800	39	49	60	68
900	45	55	70	79
1000	51	61	77	89
1050	54	64	82	94
1100	57	67	87	99
1200	63	73	95	110
1300	68	79	102	121
1350	70	82	107	126
1400	73	85	112	132
1500	–	91	121	143
1600	–	97	127	154
1650	–	100	132	160
1700	–	–	137	166
1800	–	–	144	177
1900	–	–	151	188
2000	–	–	159	198
2100	–	–	168	208
2200	–	–	177	219

Fonte: CAETANO (2019)

### Potência $P_2$ para o deslocamento horizontal da carga

Esta potência é proporcional a um coeficiente *C*, que é função do comprimento da correia transportadora, ao coeficiente de atrito *f*, à distância entre eixos do transportador *L*, à quantidade de material transportado *Q* em Ton/hora, e ao cosseno do ângulo de inclinação  $\delta$  do sistema transportador. Assim, temos:

$$P_2 = \frac{C \times f \times L \times Q \times \cos \delta}{270}$$

Com o valor de  $P_2$  em CV.

### Potência $P_3$ para o deslocamento vertical da carga



Esta potência é proporcional à quantidade de material transportado  $Q$ , em Ton/hora, e ao desnível  $H$  existente entre os extremos do sistema transportador. Este, por sua vez, está relacionado com a distância entre eixos  $L$  e com ângulo de inclinação  $\delta$  ( $H = L \times \text{sen } \delta$ ):

$$P_3 = \frac{Q \times H}{270}$$

$$P_3 = \frac{Q \times L \times \sin \delta}{270}$$

Com o valor de  $P_3$  em CV.

Refira-se que o valor de  $P_3$  é **positivo** para transportadores ascendentes e **negativo** para transportadores descendentes.

Conhecidos os valores para  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$ , a sua soma dará o valor de  $P$ , a potência total necessária para acionar o sistema transportador:

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

Ao definir-se a potência do motor a utilizar deve entrar-se em linha de conta com o rendimento  $h$  do dispositivo de acionamento, podendo considerar-se os seguintes valores:

- I. Para transmissões por engrenagens retas,  $h = 0,90$  a  $0,95$ ;
- II. Para transmissões com engrenagens helicoidais,  $h = 0,60$  a  $0,90$ .

Então, a potência real do motor de acionamento  $P_M$ , deverá ser:

$$P_M = \frac{P}{\eta} \text{ (em CV)}$$

Na Tabela 7 são indicadas as potências dos motores geralmente comercializados.



Tabela 7 - Potência dos motores

kW	CV	kW	CV	kW	CV	kW	CV	kW	CV
1,5	2	7,5	10,2	30	40,8	90	122,4	250	340
2,2	3	11	15	37	50,3	110	149,6	315	428,3
3	4	15	20,4	45	61,2	132	179,5	400	544
4	5,4	18,5	25,2	55	75	160	217,5	500	679,8
5,5	7,5	22	30	75	102	200	272	630	856,6

Fonte: CAETANO (2019)

### f) Cálculo da Tensão de Acionamento

A tensão efetiva  $T_{ef}$ , em **Kgf**, a que a correia fica sujeita pode calcular-se pela seguinte expressão:

$$T_{ef} = \frac{P \times 75}{v}$$

Em que **P** e **v** possuem o significado já atrás descrito.

Para que a correia não escorregue ou deslize sobre os tambores, é necessário que no troço de retorno exista uma tensão  $T_R$  que satisfaça a condição de *Eytelwein-Euler*:

$$T_R \geq T_{ef} \times \frac{1}{e^{\mu\theta} - 1} = T_{ef} \times U$$

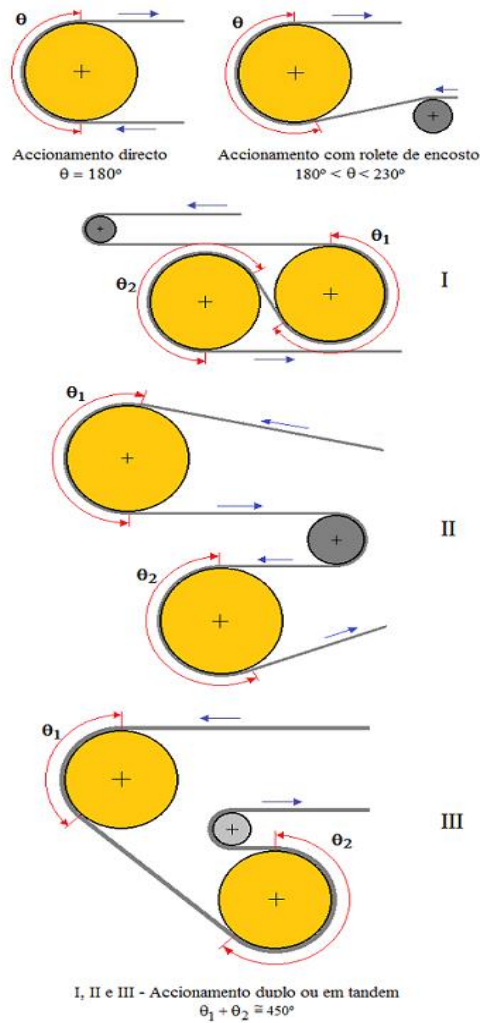
Com  $U = \frac{1}{e^{\mu\theta} - 1}$ .

$U$  é o chamado *fator de acionamento*. Na expressão de  $U$ ,  $e$  é a base exponencial,  $\mu$  é o coeficiente de atrito entre a correia e a polia de acionamento e  $\theta$  é o ângulo de contacto da correia transportadora com a polia de acionamento. Portanto, este valor é função do tipo de tambores utilizados – por exemplo, polias de aço liso ou polias revestidas com borracha, aos quais correspondem diferentes coeficientes de atrito e é, por outro lado, função do ângulo de contacto da correia transportadora com as polias de acionamento, portanto função do tipo de acionamento utilizado e é também função do sistema tensor utilizado. Conforme Figura 5.





Figura 05- Alguns tipos de sistemas de acionamento



Fonte: CAETANO (2021)

Os valores de **U** são indicados no **Quadro**, para sistemas de *acionamento directo*, sistemas de *acionamento directo com polia de encosto* e para sistemas de *acionamento duplo* (dual e em tandem). Conforme Tabela 8.



Tabela 8 - Fator de acionamento  $U$

Tipo de acionamento	Arco de contacto, Graus	Tensão obtida com sistema de contrapeso				Tensão obtida com sistema de parafuso	
		Polias de aço liso, $\mu=0,15$	Polias de aço liso, $\mu=0,25$	Polias de aço revestidas com borracha, $\mu=0,35$	Polias de aço revestidas com borracha, $\mu=0,40$	Polias de aço liso, $\mu=0,25$	Polias de aço revestidas com borracha, $\mu=0,35$
	150	2,08	1,08	0,67	0,54	1,85	1,00
	160	1,92	0,99	0,60	0,49	1,65	0,89
	170	1,78	0,91	0,55	0,44	1,46	0,80
	180	1,66	0,84	0,50	0,40	1,33	0,72
	190	1,55	0,77	0,46	0,36	1,20	0,64
	200	1,45	0,72	0,42	0,33	1,10	0,58
	210	1,37	0,67	0,38	0,30	1,00	0,53
	220	1,28	0,62	0,35	0,27	0,92	0,48
	230	1,21	0,58	0,33	0,25	0,84	0,45
		240	1,14	0,54	0,30	0,23	0,78
250		1,08	0,51	0,28	0,21	0,72	0,38
260		1,03	0,47	0,26	0,19	0,68	0,35
270		0,97	0,44	0,24	0,18	0,64	0,32
280		0,93	0,42	0,22	0,17	0,60	0,30
290		0,88	0,39	0,20	0,15	0,56	0,28
300		0,84	0,37	0,19	0,14	0,53	0,26
320		0,76	0,33	0,16	0,12	0,45	0,22
340		0,70	0,29	0,14	0,10	0,40	0,19
360		0,64	0,26	0,12	0,088	0,35	0,16
380		0,59	0,24	0,11	0,076	0,31	0,14
400		0,54	0,21	0,10	0,065	0,28	0,12
420		0,50	0,19	0,083	0,056	0,25	0,11
440		0,46	0,17	0,073	0,490	0,23	0,10

Fonte: CAETANO (2021)

A tensão do troço mais tenso da correia transportadora (que corresponde ao troço carregado – Figura 06) ou tensão de acionamento  $T_A$ , em kg, tem o seguinte valor:

$$T_A = T_R + T_{ef}$$

Como  $T_R = T_{ef} \times \frac{1}{e^{\mu\theta - 1}}$ , então  $T_A = T_{ef} \times \frac{1}{e^{\mu\theta - 1}} + T_{ef}$ .

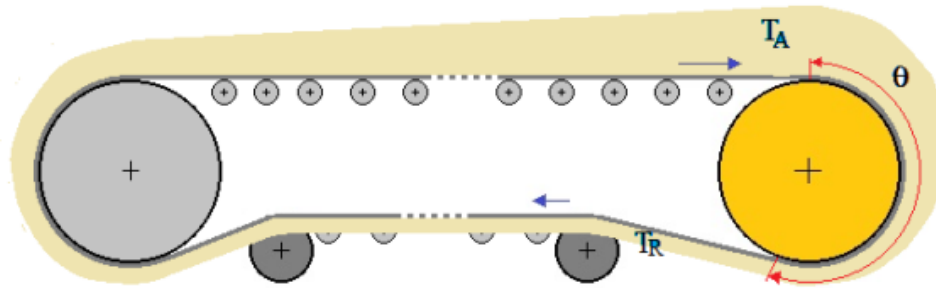
Logo,  $T_A = T_{ef} \left( \frac{1}{e^{\mu\theta - 1}} + 1 \right)$  e como  $U = \frac{1}{e^{\mu\theta - 1}}$ , tem-se  $T_A = T_{ef}(U + 1)$ .

Portanto,

$$T_R = T_{ef} \cdot U$$



Figura 06 - Tensões na correia transportadora nos troços em carga e no retorno



Fonte: CAETANO (2019)

### g) Cálculo da classe de resistência da correia transportadora

Conhecida a *tensão de acionamento*  $T_A$ , pode calcular-se a *tensão de serviço*  $T_S$ , pela seguinte expressão:

$$T_S = \frac{T_A \times S}{b} \text{ (em kgf/mm)}$$

$$T_S = \frac{10 \times T_A \times S}{b} \text{ (em kgf/cm)}$$

$$T_S = \frac{10 \times 9,81 \times T_A \times S}{b} \text{ (em N/cm)}$$

$$T_S = \frac{10 \times 100 \times 9,81 \times T_A \times S}{b} \text{ (em N/m)}$$

$$T_S = \frac{9,81 \times T_A \times S}{b} \text{ (em kN/m)}$$

Sendo:

$T_S$  – Tensão de serviço (em kgf/cm ou kgf/mm ou N/cm ou N/m ou kN/m);

$T_A$  – Tensão de acionamento, em kgf;

$S$  – Fator de segurança;

$b$  – Largura da correia, em mm.

Para correias transportadoras de carcaça têxtil (exceto poliaramida), o valor do fator de segurança normalmente considerado, é de 10; em instalações, em que as



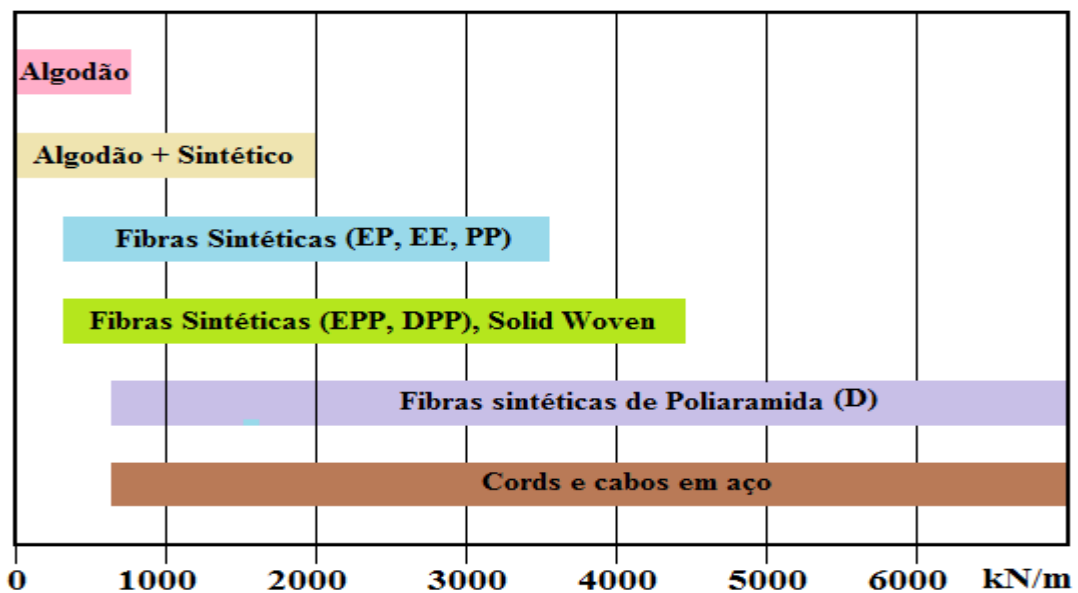
condições de trabalho são extremamente severas, pode ser considerado um fator de segurança mais elevado, todavia sem exceder o valor de 12.

Para correias transportadoras de carcaça em poliaramida, o valor do fator de segurança normalmente considerado, é de 8; em instalações, em que as condições de trabalho são extremamente severas, pode ser considerado um fator de segurança mais elevado, todavia sem exceder o valor de 10.

Para correias transportadoras com carcaça em aço, o fator de segurança pode variar entre 5 e 8 (6,67 é o valor correntemente utilizado a nível mundial); em instalações, em que as condições de trabalho são extremamente severas, pode ser considerado um fator de segurança mais elevado, todavia sem exceder o valor de 10.

O valor encontrado para a tensão de serviço define a classe de resistência da correia transportadora e define, de certo modo, o tipo de reforço a utilizar. Na Figura 07 mostram-se as faixas de utilização dos diversos tipos de materiais de reforço em função das classes de resistência, expressas em kN/m.

Figura 07 - Tipos de materiais de reforço e classes de resistência



Fonte: CAETANO (2019)

#### h) Definição do tipo de material de reforço e do número de telas da carcaça

A classe de resistência da correia transportadora define, de certo modo, o tipo de material de reforço. Alguns dos fatores que são decisivos na sua seleção, são os seguintes:



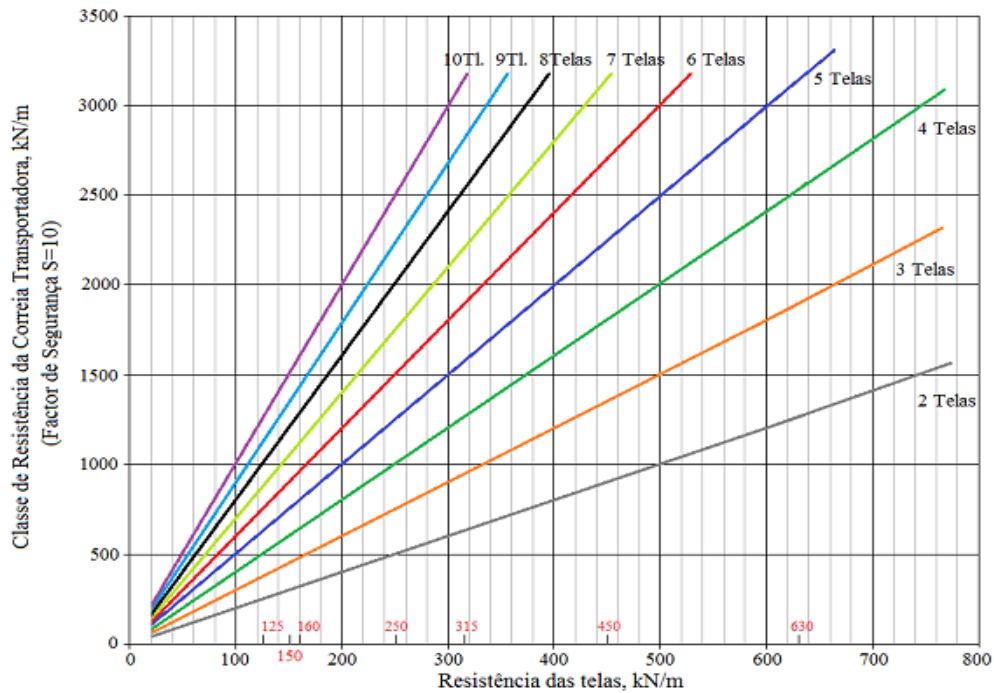
- a) A largura da correia transportadora;
- b) As condições de serviço da correia transportadora, nomeadamente o seu nível de manutenção, o sistema de carga, impacto do material a transportar na fase de carga e frequência de arranques;
- c) O tipo de material a transportar, nomeadamente a sua granulometria e abrasividade;
- d) A tensão máxima em que opera a correia transportadora (tensão em regime estacionário, picos de tensão);
- e) Um elevado número de telas diminui a flexibilidade da correia transportadora; a redução da sua flexibilidade transversal pode comprometer a utilização de elevados ângulos de abaulamento;
- f) Um outro fator não menos importante é o seu custo.

Selecionado o material da carcaça e conhecida que é a classe de resistência, seleciona-se o tipo de tela têxtil (se for o caso) e com o auxílio do gráfico representado na Figura 08 pode determinar-se o número de telas a utilizar.

No eixo das abcissas representa-se a resistência das telas (estão indicadas classes de resistências, nomeadamente para telas do tipo EP, PP e EE, telas de Rayon, telas de algodão e telas mistas de algodão com fibras sintéticas (poliéster e/ou poliamida). Face à menos sensibilidade da representação gráfica para as telas de algodão e algumas telas mistas, o gráfico representado na Figura 09 é uma ampliação da zona 0-140 kN/m (resistência das telas) / 0-1200 kN/m (classe de resistência da correia transportadora).

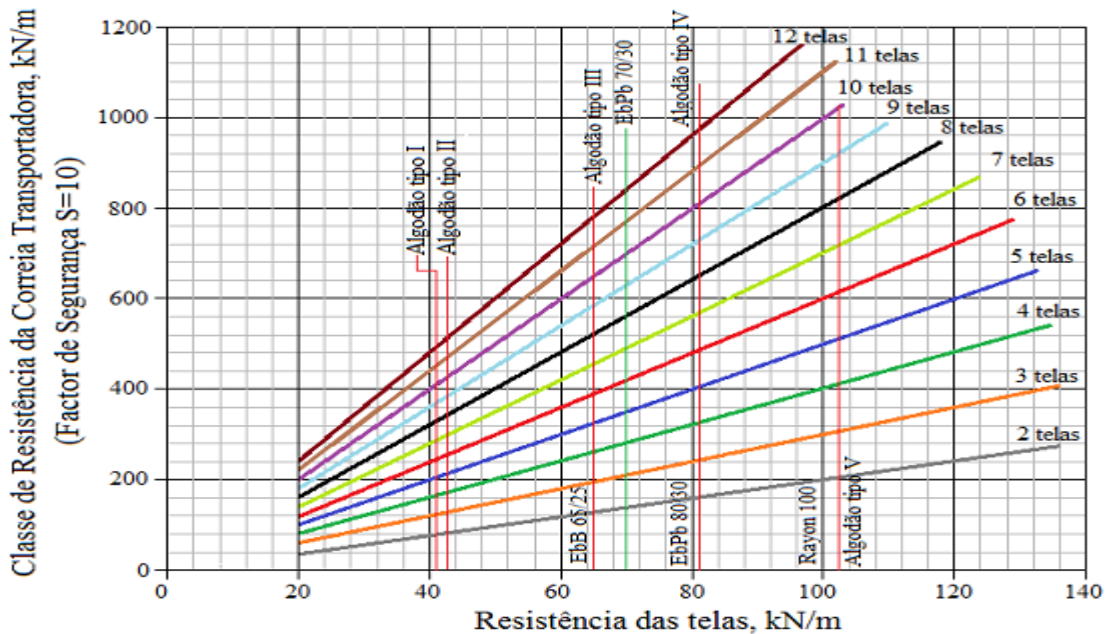


Figura 08 - Gráfico para determinação do número de telas de algodão, telas mistas, telas EP, telas NN e telas EE



Fonte: CAETANO (2019)

Figura 09 - Gráfico para determinação do número de telas (para telas de menor resistência – telas de algodão, telas mistas e telas de rayon)



Fonte: CAETANO (2019)

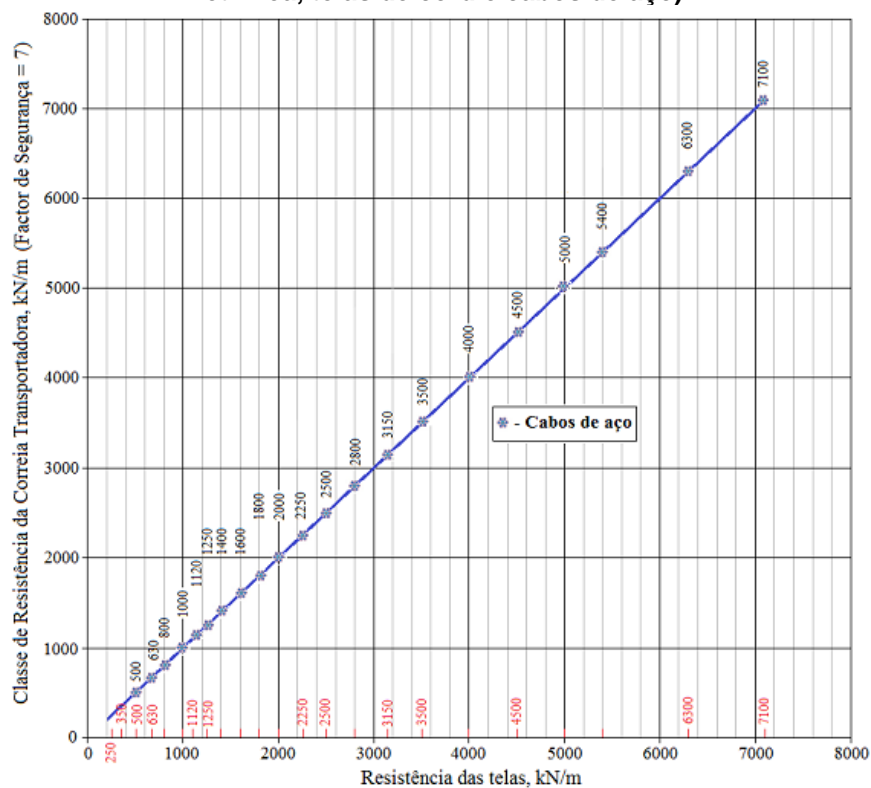
Para telas do tipo retilínea, cords ou cabos de aço, pode ser utilizada a representação gráfica mostrada na Figura 10 a qual pode dizer-se, que é quase desnecessária, pois, como se sabe, é utilizada apenas uma tela de teia retilínea, uma



tela de cord ou uma fiada de cabos de aço, exceto no caso das telas de teia retilínea em que podem ser utilizadas duas telas. As diversas classes de resistência de cabos de aço são indicadas sobre a linha azul.

As classes de resistência dos restantes materiais (telas de teia retilínea ou cords) podem ser lidas na escala do eixo das abcissas. Terá sempre de ser utilizado o material de reforço que possua uma classe de resistência igual ou imediatamente superior à classe de resistência calculada.

**Figura 10- Gráfico para determinação do número de telas EPP, DPP e telas de aço (telas de teia retilínea, telas de cord e cabos de aço)**



Fonte: CAETANO (2019)

### 2.1.1 As construções mais utilizadas são:

#### 2.2.1.1 Telas de Algodão

As telas de algodão possuem, atualmente, uma utilização relativamente reduzida (da ordem dos 5%, como atrás referimos). As correias transportadoras produzidas com este material de reforço podem ter 2 a 10 telas.



##### 2.2.1.2 Telas mistas Algodão com Poliéster e ou Poliamida

As telas mistas de algodão com poliéster e/ou poliamida são utilizadas em construções com 2 a 10 telas, permitindo obter maior resistência do que as telas 100% algodão, como seria de esperar, possibilitando a sua utilização no fabrico de correias transportadoras de classe de resistência mais elevada.

##### 2.2.1.3 Telas Poliéster/Poliamida (EP), Poliéster/Poliéster (EE) e Poliamida/Poliamida (PP)

As correias transportadoras fabricadas com estes tipos de materiais de reforço possuem normalmente, entre 2 e 8 telas. As construções mais utilizadas são indicadas na Tabela 09.

Tabela 09 - Construções mais utilizadas (telas EP, EE e PP)

Resistência da tela	Número de telas						
	2	3	4	5	6	7	8
80	x	x	x	–	–	–	–
100	x	x	x	x	x	x	x
125	x	x	x	x	x	x	x
160	x	x	x	x	x	x	x
200	x	x	x	x	x	x	x
250	x	x	x	x	x	x	x
315	x	x	x	x	x	x	–
350	x	x	x	x	x	–	–
400	x	x	x	x	x	–	–
450	x	x	x	x	–	–	–
500	x	x	x	x	–	–	–
630	x	x	x	–	–	–	–
800	x	x	–	–	–	–	–

Fonte: CAETANO (2019)

##### 2.1.1.4 Telas do tipo Teia Retilínea EPP e DPP (*Straight-warp*)

Este tipo de construção de telas, porque não apresenta *crimp* dos fios de teia, possui uma maior rigidez na direção longitudinal, o que implica a utilização de polias de maior diâmetro. Este tipo de material de reforço proporciona, naturalmente, alongamentos muito baixos, o que é vantajoso nalgumas aplicações (correias transportadoras utilizadas em minas, para transporte de rochas muito duras).

A construção clássica de correias transportadoras com telas deste tipo possui apenas uma tela. Contudo, há fabricantes que oferecem construções com duas telas deste tipo, o que aumenta ainda mais a sua rigidez longitudinal.





### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desse estudo, pode-se concluir que a utilização das correias transportadoras como equipamento para movimentação e transporte de carga possui um papel muito importante dentro da indústria.

Com a utilização destes equipamentos pode-se melhorar a eficiência do sistema de produção, movimentando quantidades exatas de materiais ao longo da linha de produção e armazenamento, reduzindo custos e garantindo um transporte seguro.

As correias transportadoras estão entre os itens de maior importância nos processos da indústria. A correia transportadora é classificada como um sistema de transporte, pela própria natureza de sua finalidade. Sua aplicação se dá com o objetivo de prover um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações. É insubstituível no âmbito da economia e segurança de operação, além de sua confiabilidade, versatilidade e enorme gama de aplicações.

Embora de forma simples, o tema desta pesquisa possui relevância e capacidade de ser aprimorado com pesquisas futuras, dado que a movimentação de cargas é tópico imprescindível para que o fluxo de produção da empresa possa manter-se em funcionamento contínuo com um certo equilíbrio financeiro.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR-6177**. Transportadores contínuos – Transportadores de correia – Terminologia. Rio de Janeiro. 1999.

CAETANO, M. **Cálculo e seleção de correias transportadoras**. CT Borracha. 2019. Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/aplicacoes/correias-transportadoras/calculo-e-selecao-de-correias-transportadoras/>. Acesso em: 04 mar 2021.

CARNIZELLO, D. C. **Transportador de correia**: componentes e cálculos básicos para seu dimensionamento. Guaratinguetá, 2011.

CORREIAS transportadoras. **CL Emendas**, 2019. Disponível em: <https://clemendas.com/correias-transportadoras-3/>. Acesso em: 04 mar 2021.

DRAPINSK, J. **Manual de manutenção mecânica básica**. São Paulo: Editora McGraw – Hill do Brasil Ltda, 1975. 1 v. 239 p.



ELETROBRÁS [et al.]. **Correias transportadoras: guia básico**. Brasília: IEL/NC, 2009.

INDÚSTRIA HOJE. **O que é um redutor de velocidade?**. 2013. Disponível em: <https://industria hoje.com.br/redutor-velocidade>. Acesso em: 04 mar 2021.

LANGUI, C. A. **Pontes rolantes: a importância do equipamento nas áreas de produção industrial**. Taubaté, 2001.

MERCÚRIO CORREIAS. **Manual de correias transportadoras**. [S.l.: s.n], 2005. 35p.

PALMA, D. C. **Metodologia de simulação de elementos finitos de polias para transportadores de correia de grandes capacidades utilizando o programa Ansys Work-bench**. 2009. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RUDENKO, N. **Máquinas de elevação e transporte**. Tradução de João Plaza. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1976.

SILOMAX. **Correia transportadora FT**. Disponível em: <https://www.silomax.com.br/produtos/correia-transportadora-ft>. Acesso em: 04 mar 2021.

SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

TAMASAUSKAS, A. **Metodologia do projeto básico de equipamento de manuseio e transporte de cargas – ponte rolante – aplicação não-siderúrgica**. São Paulo, 2000.



### DIMENSIONAMENTO DE PÓRTICO ROLANTE CAPACIDADE 15 TONELADAS

#### 15 TONS CAPACITY ROLLER FRAME SIZING

**Arthur dos Santos Costa<sup>1</sup>**  
**Bruno Pujoni de Mello<sup>2</sup>**  
**Fernando da Silva Santos<sup>3</sup>**  
**Maria Hellena Tebet Gonçalves<sup>4</sup>**  
**Saulo Aparecido Mendes Miguel<sup>5</sup>**

#### RESUMO

Este presente trabalho tem como objetivo entender, calcular e projetar um pórtico rolante de capacidade 15 toneladas e vão de 10 metros, com o intuito em otimizar e baratear a produção da indústria que a utilize. Pórticos rolantes são equipamentos que são utilizados para se realizar a movimentação de cargas por uma determinada distância e tempo, tem versatilidade em sua instalação e movimentação. Para se dimensionar um pórtico rolante é necessária a utilização da norma NBR 8400:1984 (Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas). Através dos cálculos determina-se os componentes estruturais e mecânicos que são indispensáveis no funcionamento do pórtico.

**Palavra-chave:** Pórtico. Pórtico rolante. Dimensionamento estrutural. Engenharia mecânica. Movimentação de cargas.

#### ABSTRACT

This work aims to understand, calculate and design a gantry crane with a capacity of 15 tons and a span of 10 meters, in order to optimize and cheapen the production of the industry that uses it. Gantry cranes are equipment that are used to carry out the movement of loads for a certain distance and time, it has versatility in its installation and movement. To design a gantry crane, it is necessary to use the standard NBR 8400: 1984 (Calculation of equipment for lifting and moving loads). Through the calculations, the structural and mechanical components that are indispensable in the functioning of the gantry are determined.

**Keyword:** Portico. Gantry crane. Structural design. Mechanical Engineering. Cargo handling.

<sup>1</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>2</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: bpujoni@outlook.com

<sup>3</sup> Professor Mestre - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

<sup>4</sup> Acadêmica - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. Saulo.aparecido@gmail.com mariatebet@outlook.com

<sup>5</sup> Acadêmico - Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: saulo.aparecido@gmail.com



### 1 INTRODUÇÃO

O deslocamento de cargas altas é objeto de estudo do homem há vários anos. A cada dia que passa, percebe-se a necessidade de otimizar tempo e melhorar a segurança para realização de atividades cada vez mais demoradas e perigosas. O objetivo do desenvolvimento desta técnica de deslocamento é reduzir os esforços aplicados em cargas cada vez maiores durante seu transporte.

É sabido que com o aumento da competitividade entre as empresas no mercado atual, a operação de elevação e movimentação de um determinado material é crucial para ganho de tempo e cumprimento de prazo, redução do esforço físico e, conseqüentemente, aumento da produtividade dos colaboradores e aumento da segurança no ambiente de trabalho. Essas vantagens somadas resultam em um ganho de qualidade e aumento da satisfação do cliente.

É notório que a qualidade do processo produtivo de uma empresa impacta significativamente no resultado final de sua lucratividade. Hoje temos que a maior perda em um processo produtivo é oriunda do deslocamento de cargas, o que faz com que empresas invistam cada vez mais neste quesito.

Inúmeros equipamentos podem ser utilizados para realizar o deslocamento de carga, sendo eles escolhidos de acordo com o segmento da indústria. Podemos destacar as empilhadeiras móveis, correias transportadoras, transportadores pneumáticos, guindastes móveis, talhas e vários outros, além dos pórticos rolantes, objeto deste estudo.

#### 1.1 OBJETIVOS

##### 1.1.1 Objetivo Geral

Dimensionar um pórtico rolante de duas pernas e uma viga principal, com uma capacidade máxima de 15 toneladas, atendendo as normas estabelecidas na NBR 8400 de 1984.

##### 1.1.2 Objetivos Específicos

Neste trabalho os objetivos específicos são:

a) Classificar os sistemas de elevação e transporte;

b) Utilizar a norma NBR 8400 (ABNT, 1984) para realizar o correto

dimensionamento do Pórtico Rolante de acordo com a sua classe de utilização.



### 1.2 JUSTIFICATIVA

A utilização de pórticos rolantes é de extrema importância para indústrias que o utilizam, já que o mesmo diminui significativamente os custos que são gerados pela lentidão na movimentação de cargas e descargas dos materiais, também há aumento na saúde e na segurança dos funcionários.

Segundo Sordi (2016), com a utilização de diversos equipamentos para a realização de transporte de materiais em uma indústria, os funcionários precisam de criatividade em improvisar certas situações como suportes e amaras, porém ficando expostos a prováveis acidentes ocupacionais. Ou seja, com a adição de pórticos rolantes ao processo de transporte, o próprio fica mais produtivo e otimizado.

De acordo com Tamasauskas (2000), com o intuito de reduzir gastos na produção, uma das maneiras a ser feita é a redução das distâncias a se percorrer e também da diminuição do tempo na movimentação das matérias-primas nesse processo.

## 2 PROJETO ESTRUTURAL DO PÓRTICO ROLANTE CAPACIDADE 15 TONELADAS E VÃO COM 10 METROS

### 2.1 PARÂMETROS DE PROJETO

Para dimensionar um pórtico rolante, é necessário que o profissional responsável pelo projeto siga as diretrizes estabelecidas na NBR 8400 de 1984: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Esta norma estabelece todos os critérios a serem seguidos para que a estrutura projetada seja a mais segura, eficaz e econômica possível. Neste tópico será abordado todos os parâmetros de projetos a serem considerados para o pré-dimensionamento de um pórtico rolante.

#### 2.1.1 Classe de utilização da estrutura.

Para dimensionar um pórtico rolante, o Engenheiro Mecânico deve determinar a classe de utilização do equipamento. Conforme exposto pela NBR 8400:1984, determina-se a classe de utilização da estrutura de acordo com o número de ciclos em que a mesma será submetida ao longo de sua vida útil. A Tabela 1 abaixo apresenta as classes de utilização que podem ser adotadas quando do



dimensionamento de um pórtico rolante.

**Tabela 1 – Classes de utilização**

Classe de utilização	Frequência de utilização do movimento de levantamento	Numero convencional de ciclos de levantamento
A	Utilização ocasional não regular, seguida de longos períodos de repouso	$6,3 \times 10^4$
B	Utilização regular em serviço intermitente	$2,0 \times 10^5$
C	Utilização regular em serviço intensivo	$6,3 \times 10^5$
D	Utilização em serviço intensivo severo, efetuado, por exemplo, em mais de um turno	$2,0 \times 10^6$

Fonte: NBR 8400 (1984)

### 2.1.2 Estados de carga

Definida a classe de utilização, o profissional deve determinar o estado de carga do equipamento. De acordo com a NBR 8400:1984, o estado de carga é caracterizado de acordo com o percentual de carga máxima elevada pela estrutura durante sua vida útil. A Tabela 2 aponta os estados de carga a serem considerados.

**Tabela 2 – Estados de cargas**

Estado de carga	Definição	Fração mínima da carga máxima
0 (muito leve)	Equipamentos levantando excepcionalmente a carga nominal e comumente cargas muito reduzidas	$P = 0$
1 (leve)	Equipamentos que raramente levantam a carga nominal e comumente cargas de ordem de 1/3 da carga nominal	$P = 1/3$
2 (médio)	Equipamentos que freqüentemente levantam a carga nominal e comumente cargas compreendidas entre 1/3 e 2/3 da carga nominal	$P = 2/3$
3 (pesado)	Equipamentos regularmente carregados com a carga nominal	$P = 1$

Fonte: NBR 8400 (1984)

### 2.1.3 Classificação da estrutura dos equipamentos (ou elementos da estrutura) em grupo

Após a definição da classe de utilização e do estado de carga do pórtico rolante, o Engenheiro Mecânico deve identificar o grupo da estrutura, ou seja, o grupo em que o equipamento por ele dimensionado se encaixa de acordo com o que foi adotado nos critérios anteriores. Esta identificação deve ser feita para que o coeficiente de majoração  $M_x$  possa ser definido. As Tabelas 3 e 4 ilustram, respectivamente, a



classificação da estrutura dos equipamentos (ou elementos da estrutura) em grupo e os valores do coeficiente de majoração a ser adotado.

**Tabela 3 - Classificação da estrutura dos equipamentos (ou elementos da estrutura) em grupo**

Estado de cargas (ou estado de tensões para um elemento)	Classe de utilização e número convencional de ciclos de levantamento (ou de tensões para um elemento)			
	A $6,3 \times 10^4$	B $2,0 \times 10^5$	C $6,3 \times 10^5$	D $2,0 \times 10^6$
0 (muito leve) P = 0	1	2	3	4
1 (leve) P = 1/3	2	3	4	5
2 (médio) P = 2/3	3	4	5	6
3 (pesado) P = 1	4	5	6	6

Fonte: NBR 8400 (1984)

**Tabela 4 – Valores do coeficiente de majoração para equipamentos industriais**

Grupos	1	2	3	4	5	6
$M_x$	1	1	1	1,06	1,12	1,20

Fonte: NBR 8400 (1984)

### 2.1.4 Classe de funcionamento

Para que o projetista determine a classe de funcionamento do pórtico rolante, é necessário considerar a Tabela 5 abaixo, conforme exposto na NBR 8400(1984). Este critério pode ser caracterizado de acordo com o tempo médio em serviço a que o mecanismo estará submetido, ou pela duração teórica de utilização.

**Tabela 5 – Classe de funcionamento**

Classe de funcionamento	Tempo médio de funcionamento diário estimado (h)	Duração total teórica da utilização (h)
V0,25	$t_m \leq 0,5$	$\leq 800$
V0,5	$0,5 < t_m \leq 1$	1600
V1	$1 < t_m \leq 2$	3200
V2	$2 < t_m \leq 4$	6300
V3	$4 < t_m \leq 8$	12500
V4	$8 < t_m \leq 16$	25000
V5	$t_m > 16$	50000

Fonte: NBR 8400 (1984)



Quanto a classe de funcionamento, a norma menciona ainda que:

- a) Os tempos diários de funcionamento são considerados para uma utilização na velocidade nominal do mecanismo;
- b) As classes V1 a V5 referem-se a mecanismos utilizados de modo regular;
- c) A classe V0,5 refere-se principalmente a movimentos para trazer o equipamento a uma posição determinada e a partir da qual uma série de operações se efetua sem utilização deste movimento (por exemplo: translações de grua portuária);
- d) A classe V0,25 se refere a movimentos de utilização casual;
- e) As durações de uso da terceira coluna devem ser consideradas como valores convencionais, servindo de base ao cálculo de elementos de mecanismos, para os quais o tempo de utilização serve de critério para a escolha do elemento (rolamentos, engrenagens em certos métodos);
- f) A duração total de utilização não pode em caso algum ser considerada como garantia de vida útil.

### 2.1.5 Estado de solicitação

Responsável por determinar a fração da carga máxima aplicada ao mecanismo durante sua vida útil, o estado de solicitação deve ser definido pelo profissional em concordância com a Tabela 6, conforme NBR 8400 (1984).

**Tabela 6 – Estado de solicitação dos mecanismos**

Estados de solicitação	Definição	Fração da solicitação máxima
1	Mecanismos ou elementos de mecanismos sujeitos a solicitações reduzidas e raras vezes a solicitações máximas	$P = 0$
2	Mecanismos ou elementos de mecanismos submetidos, durante tempos sensivelmente iguais, a solicitações reduzidas, médias e máximas	$P = 1/3$
3	Mecanismos ou elementos de mecanismos submetidos na maioria das vezes a solicitações próximas à solicitação máxima	$P = 2/3$

Fonte: NBR 8400 (1984)

### 2.1.6 Classificação dos mecanismos em grupos

Lançando mão da classe de funcionamento e do estado de solicitação determinado pelo Engenheiro Mecânico responsável pelo dimensionamento, este





profissional deverá identificar o grupo do mecanismo adotando a Tabela 7, em conformidade com a NBR 8400 (1984).

**Tabela 7 – Grupos dos mecanismos**

Estados de solicitação	Classes de funcionamento						
	V 0,25	V 0,5	V1	V2	V3	V4	V5
1	1Bm	1Bm	1Bm	1Am	2m	3 m	4 m
2	1Bm	1Bm	1Am	2 m	3 m	4 m	5 m
3	1Bm	1Am	2 m	3 m	4 m	5 m	5 m

Fonte: NBR 8400 (1984)

### 2.2 PRÉ DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

Nesta fase, o pré-dimensionamento estrutural será realizado através de definições de alguns parâmetros de projeto em conformidade com a NBR 8400:1984.

#### 2.2.1 Classificação da estrutura

Para o dimensionamento estrutural, adotaremos os seguintes parâmetros para classificar a estrutura:

- Classe de Utilização = A;
- Estado de Carga = 2 (médio), sendo assim  $P = 2/3$ .

Assim sendo, a estrutura a ser dimensionada é classificada como grupo 5, o que nos dá um coeficiente de majoração  $M_x = 1$ , conforme Tabela 4.

#### 2.2.2 Classe de utilização

Para definir a classe de utilização da estrutura, utiliza-se a seguinte equação:

$$T_m = \frac{2 \times H \times N \times T}{60 \times V_L}$$

Para este projeto, serão adotados os seguintes parâmetros:

- Altura de elevação (H) = 8 m;
- Ciclagem média (N) = 4 ciclos/h;
- Tempo de trabalho (T) = 6 h/dia;
- Velocidade de elevação (VL) = 5m/min

Assim sendo, utilizando a equação acima mencionada, têm-se:

$$T_m = \frac{2 \times 8 \times 4 \times 6}{60 \times 5} = 1,28 \text{ horas}$$



Ou seja, o tempo médio diário de trabalho do equipamento é de 1,28 horas.

Com isso, verificando a Tabela 5, fica definida a classe de funcionamento e a duração total teórica ( $T_d$ ) do equipamento como V1 e 3200 h, respectivamente.

Com o valor de  $T_d = 3200 h$  calcula-se o número convencional de ciclos de levantamento ( $N_x$ ), lançando mão da seguinte equação:

$$N_x = 3600 \times \frac{T_d}{T_s}$$

Com isso, considerando que o tempo de duração do ciclo  $T_s = 300s$ , calcula-se:

$$N_x = 3600 \times \frac{3200}{300} = 38400$$

Este resultado correlacionado com a Tabela 1 define a estrutura com classe de utilização A.

### 2.2.3 Estado de carga

Para este projeto, será definido o estado de carga 2, conforme Tabela 2, ou seja, equipamentos que raramente levantam a carga nominal e comumente cargas da ordem de 2/3 da carga nominal.

### 2.2.4 Dimensionamento estrutural

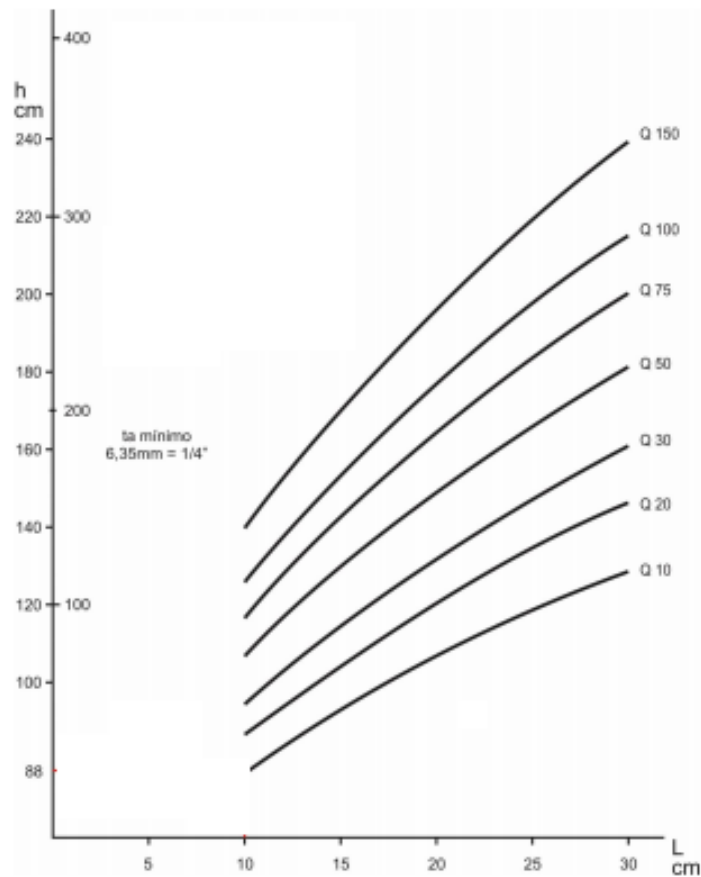
Nesta fase do projeto serão dimensionadas as estruturas do pórtico rolante, levando em consideração as solicitações principais, solicitações devidas ao movimento vertical, solicitações devidas ao movimento horizontal, solicitações devidas aos efeitos climáticos e solicitações diversas. Os elementos dimensionados serão a viga principal, vigas de fechamento, pernas e vigas de ligação.

### 2.2.5 Viga principal

Considerando um vão de 10 m de largura e uma carga de 15 t, estima-se uma altura de viga  $h = 91cm$ . Este valor foi estimado utilizando o ábaco de Brasil (1988), conforme Figura 1 exposta abaixo.



Figura 1 – Altura de viga de ponte rolante



Fonte: BRASIL (1988)

Com a altura da viga estimada, utiliza-se as seguintes fórmulas para definir as espessuras da alma ( $t_a$ ) e da base ( $t_f$ ):

$$b = 0,33 \times h$$

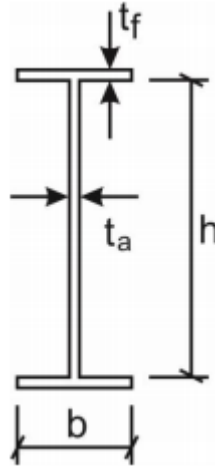
$$t_a = 0,007 \times h$$

$$t_f = 0,011 \times h$$

Para auxiliar nos cálculos, a Figura 2 representa o perfil de uma viga.



Figura 2 – Representação do perfil I viga principal



Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Resolvendo as equações mencionadas, define-se as medidas da estrutura, conforme demonstrado abaixo:

$b = 0,33 \times 910 = 300,3 \text{ mm}$ . Será adotado 300 mm;

$t_a = 0,007 \times 910 = 6,37 \text{ mm}$ . Será adotada chapa de 1/4" (6,35 mm);

$t_f = 0,011 \times 910 = 10,01 \text{ mm}$ . Será adotada chapa de 1/2" (12,7mm).

Definidas as dimensões do perfil da viga principal da estrutura, calcula-se os valores dos momentos de inércia ( $I$ ) e módulos resistentes ( $W$ ) referentes aos eixos  $x$  e  $y$ . Considerando o material com massa específica ( $\rho$ ) de  $7850 \text{ kg/m}^3$ , define-se também a massa e o peso por metro da viga. A Tabela 8 expõe os dados da viga principal.

Tabela 8 – Dados da viga principal

Dados da viga principal					
$W_x$	$4,320 \times 10^{+13}$	$\text{mm}^3$	Área Total	13398,5	$\text{mm}^2$
$W_y$	$3,813 \times 10^{+12}$	$\text{mm}^3$	Massa	1051,90	kg
$I_x$	2020699999.9	$\text{mm}^4$	Peso	10319,13	N
$I_y$	57200000	$\text{mm}^4$	Área da Alma	5939,79	$\text{mm}^2$

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

### 2.2.5.1 Solicitações geradas pelos movimentos verticais

Após dimensionar o perfil principal, deve-se verificar as solicitações de carga que serão impostas na estrutura.



Para definir as solicitações geradas pelos movimentos verticais, utiliza-se a Tabela 9 para que o coeficiente dinâmico ( $\psi$ ), que será utilizado quando forem realizadas as verificações contra o escoamento, seja determinado.

**Tabela 9 – Valores do coeficiente dinâmico**

Equipamento	Coeficiente dinâmico $\psi$	Faixa de velocidade de elevação da carga (m/s)
Pontes ou pórticos rolantes	1,15	$0 < v_L \leq 0,25$
	$1 + 0,6 v_L$	$0,25 < v_L < 1$
	1,60	$v_L \geq 1$
Guindaste com lanças	1,15	$0 < v_L \leq 0,5$
	$1 + 0,3 v_L$	$0,5 < v_L < 1$
	1,3	$v_L \geq 1$

Fonte: NBR 8400 (1984)

Sabendo que a velocidade de içamento deste projeto é de 0,083 m/s, conforme determinado em 2.2.2, tem-se que o coeficiente dinâmico ( $\psi$ ) é de 1,15

### 2.2.5.2 Solicitações devido ao peso próprio ( $S_G$ )

Definidas através de uma carga distribuída, as solicitações devido ao peso próprio da estrutura são definidas pela equação:

$$w_1 = A \times \rho \times g$$

Sabendo que:

$$A = 0,0133985 \text{ m}^2$$

$$P = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$G = 9,81 \text{ m/s}$$

Tem-se:

$$w_1 = 0,0133985 \times 7850 \times 9,81 = 1,031 \text{ kN/m}$$

Para calcular a tensão aplicada na estrutura, utiliza-se a equação abaixo descrita:

$$S_G = \frac{|M_{\max}|}{W_x}$$

Utilizando os conceitos de isostática, define-se o valor do momento máximo ( $M_{\max}$ ) de 12,89 kN.m. Sabendo que o valor do momento resistente da seção ( $W_x$ ) é de 0.0043205 ( $\text{m}^3$ ) conforme Tabela 8, calcula-se:



$$S_G = \frac{12,89}{0.0043205} = 2,983 \text{ Mpa}$$

### 2.2.5.3 Solicitações devido à carga de serviço ( $S_L$ )

A NBR 8400 (1984) relata que a carga de serviço é a carga útil somada a carga dos acessórios do içamento, e é definida através da equação abaixo:

$$\text{Carga de Serviço} = S_L = (Q + T) \times g$$

Conforme definido no item 2.2.5, a carga útil (Q) equivale a 15 toneladas (15000 kg). Para a carga dos acessórios, será considerado o peso do Trolley (T) de 960 kg. Com esses dados, temos que:

$$\text{Carga de Serviço} = S_L = (15.000 + 960) \times 9,81 = 156,56 \text{ kN}$$

Com o valor da carga de serviço calculado, é necessário fazer duas análises. Na primeira análise, a aplicação da carga será considerada no centro do vão da viga principal. Com essa consideração feita e lançando mão dos conhecimentos de isostática, chega-se ao resultado de esforço cortante (V) de 78.28 kN e momento fletor máximo de 391.4 kN.m. Aplicando a razão entre o esforço cortante onde ocorre o momento fletor máximo e a área da alma (conforme Tabela 2), encontra-se o valor da tensão cisalhante, dada pela equação:

$$\tau_{SL1} = \frac{V}{A} = \frac{78.28}{(5939,79)} = 13,17 \text{ MPa}$$

Tendo em vista o momento fletor máximo resultante da carga aplicada no centro da viga, calcula-se a tensão através da equação:

$$S_{L1} = \frac{|M_{\max}|}{W_X}$$

Aplicando-se os valores:

$$S_{L1} = \frac{391.4}{0.0043205} = 90,59 \text{ MPa}$$

Ou seja, na primeira consideração, tem-se o valor da solicitação devido a carga de serviço ( $S_L$ ) de 90,59 Mpa.

Na segunda análise realizada, é utilizada a carga levando em consideração que o trolley não consegue alcançar as extremidades. Com isso a carga será inserida a 0,5 metro da extremidade da viga. Assim sendo, considera-se a aplicação da carga a 9,5 metros de uma das extremidades da viga e a 0,5 m da outra. Aplicando a isostática, determina-se o esforço cortante máximo (V) de 148.732 kN, além do



momento fletor máximo de 74.366 kN.m.

Tendo em mãos estes valores, determina-se a tensão cisalhante através da razão entre o esforço cortante onde ocorre o momento fletor máximo e a área da alma (conforme Tabela 8), utilizando a equação:

$$\tau_{SL2} = \frac{V}{A} = \frac{148.732}{(5939,79)} = 25,03 \text{ MPa}$$

Assim, pode-se calcular a sollicitação devido a carga de serviço pela equação:

$$S_{L2} = \frac{|M_{\max}|}{W_X}$$

Aplicando-se os valores:

$$S_{L2} = \frac{74.366}{0.0043205} = 17,28 \text{ MPa}$$

Portanto, na segunda consideração, tem-se o valor da sollicitação devido a carga de serviço ( $S_L$ ) de 17,28 Mpa.

### 2.2.5.4 Efeitos horizontais mais desfavoráveis

A NBR 8400:1984 define que deve ser determinada as sollicitações horizontais no pórtico devido ao próprio movimento e, para isso, deverá ser considerada a carga limite. Para realizar esse dimensionamento, deve-se ter em mãos os parâmetros abaixo: Massa carga útil = 15000 kg; Massa da viga principal = 1051.90kg; Massa dos pilares = 1783 kg; Massa das vigas de ligação = 262,5 kg; Massa trolley = 960 kg.

Com esses dados disponíveis, é possível determinar a massa equivalente ( $M_{eq}$ ), através da soma de todos esses valores. Portanto, calcula-se:

$$M_{eq} = 15.000 + 1051.90 + 1783 + 262,5 + 960 = 19057,4 \text{ kg}$$

Em seguida, calcula-se a força de inércia média ( $F_{CM}$ ). Sabendo que a aceleração média ( $J_m$ ) = 0,12 m/s<sup>2</sup>, aplica-se a equação:

$$F_{CM} = M_{eq} \times J_m = 19057,4 \times 0,12 = 2286,88 \text{ N}$$

Para calcular o período de oscilação ( $T_1$ ), utiliza-se a equação:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Sabendo que a altura de suspensão da carga no local mais elevado ( $l$ ) é de 6 metros, calcula-se:



$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{8}{9,81}} = 5,67s$$

Levando em consideração que o movimento do sistema é controlado através de um equipamento, já que a estrutura terá controle de aceleração, desaceleração e torque, adota-se o valor de zero para o coeficiente  $\mu$ .

Para calcular o coeficiente  $\beta$ , lança-se mão da relação entre a duração média de aceleração ( $T_m$ ) pelo período de oscilação ( $T_1$ ), conforme apresentado na equação abaixo:

$$\beta = \frac{T_m}{T_1}$$

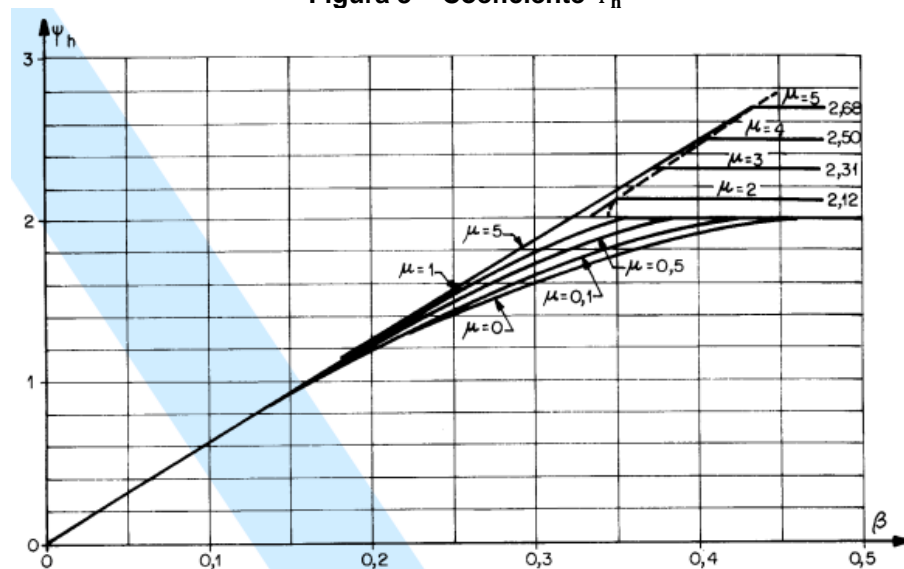
Sabendo que:

$T_m = 1,28$  h; e  $T_1 = 5,67$  s, tem-se:

$$\beta = \frac{1,28}{5,67} = 0,22$$

Conhecendo os valores de  $\mu$  e  $\beta$ , utiliza-se a Figura 3 para determinar o valor do coeficiente  $\psi_h$ .

Figura 3 – Coeficiente  $\psi_h$



Fonte: NBR 8400 (1984)

Analisando a Figura 3, encontra-se o valor de  $\psi_h = 1,2$ .

Para encontrar a força de inércia devido a carga, utiliza-se a equação abaixo:

$$F_{in} = \psi_h \times F_{CM}$$





Incluindo os valores, tem-se:

$$F_{in} = 1,2 \times 2286,88 = 2744,25 \text{ N} = 2,74 \text{ kN}$$

Esta força é aplicada em duas situações distintas, uma no centro do vão e outra a 9,5 metros de uma das extremidades, como foi feito no item 2.2.5.3.

Na primeira análise- lava-se em consideração a aplicação da carga no centro da viga principal, ou seja, a 5 metros de suas extremidades. Utilizando os conceitos de isostática, obtém-se o esforço cortante de 1,37 kN, e o momento fletor máximo de 6,85 kN.m. Nesta situação, será desconsiderado o cálculo da tensão cisalhante, visto que, devido ao valor encontrado para o esforço cortante, conclui-se que a tensão cisalhante resultante será muito pequena.

Encontrado o valor do momento fletor máximo resultante da carga aplicada no centro da viga principal, e utilizando o valor do módulo de resistência ( $W_y$ ) conforme tabela 8, calcula-se a sollicitação devido a carga de serviço através da equação:

$$S_{H1} = \frac{|M_{m\acute{a}x}|}{W_y} = \frac{6,35}{0.0003813} = 16,6 \text{ MPa}$$

Na segunda análise, leva-se em consideração a aplicação da carga a 9,5 metros de uma das extremidades da viga principal. Aplicando a isostática, tem-se o esforço cortante de 2,6 kN, e o momento fletor máximo de 1,30 kN.m. Nesta situação, o cálculo da tensão cisalhante também será desconsiderado devido ao mesmo motivo da primeira análise.

Com o valor do momento fletor máximo resultante da carga aplicada a 9,5 metros de uma das extremidades da viga principal, já disponível, e lançando mão do módulo de resistência ( $W_y$ ) conforme Tabela 8, calcula-se a sollicitação devido a carga de serviço, através da equação:

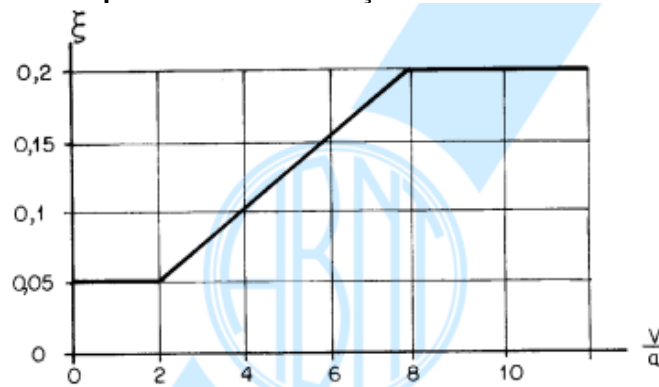
$$S_{H2} = \frac{|M_{m\acute{a}x}|}{W_y} = \frac{1,30}{0.0003813} = 3,409 \text{ MPa}$$

### 2.2.5.5 Reações horizontais transversais geradas pela translação direta

Para realizar o cálculo dessa sollicitação, deve-se, primeiramente, seguir dois passos: O primeiro passo é encontrar o valor do coeficiente  $\xi$ , que determina as reações devidas ao rolamento. Para encontrar esse coeficiente, considera-se o sistema de elevação a ser utilizado. Através da Figura 4 abaixo, é possível encontrar este valor.



Figura 4 – Coeficiente que determina as reações transversais devidas ao rolamento



Fonte: NBR 8400 (1984)

Considerando o vão ( $v$ ) de 290 mm e a distância entre eixos do trolley ( $a$ ) de 974 mm, encontra-se o valor da relação  $\left(\frac{v}{a}\right)$  de 0,297. Assim sendo, conclui-se que o valor do coeficiente ( $\xi$ ) é de 0,05.

O segundo passo é encontrar a carga de trabalho exercida nas rodas do trolley. Tendo o valor do coeficiente ( $\xi$ ), sabendo que a carga de içamento ( $Q$ ) é de 15000 kg e que a massa dos acessórios ( $T$ ) é de 960 kg, calcula-se a carga ( $P$ ) a partir da equação:

$$P = (Q + T) \times g \times \xi = (15000 + 960) \times 9,81 \times 0,05 = 7,83 \text{ kN}$$

Essa carga ( $P$ ) é aplicada na viga, sendo ela dividida igualmente entre duas rodas, com a distância entre elas sendo a mesma distância entre os eixos do trolley. Para aplicação dessas cargas, será considerado o trolley no centro da viga e a 9,5 metros de distância de uma de suas extremidades.

Na primeira análise, leva-se em consideração que o trolley esteja no centro da viga principal, a 5 metros de suas extremidades. Aplicando a isostática, calcula-se o esforço cortante de 3,91 kN e o momento fletor máximo de 19,57 kN.m.

Com o momento fletor máximo calculado, calcula-se a sollicitação devido as reações horizontais transversais geradas pela translação direta ( $S_H$ ), através da equação:

$$S_H = \frac{|M_{\text{máx}}|}{W_y} = \frac{19,57}{0.0003813} = 51,32 \text{ MPa}$$

Feito isso, calcula-se a tensão cisalhante através da equação abaixo. Sabendo que o esforço cortante ( $V$ ) no ponto onde ocorre o momento fletor máximo é 5,48 kN, e que as áreas da base do perfil da viga principal ( $A_b$ ) é de  $7,62 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , tem-se:



$$\tau = \frac{V}{A_b} = \frac{3,91}{7,62 \times 10^{-3}} = 0,51 \text{ MPa}$$

Na segunda análise, considera-se que o trolley esteja em uma das extremidades da viga principal. Fazendo isso e aplicando a isostática, encontra-se o valor de 7,438 kN para o esforço cortante, e de 3,71 kN.m para o momento fletor máximo.

Em seguida, calcula-se a sollicitação devido as reações horizontais transversais geradas pela translação direta (S), utilizando a equação:

$$S = \frac{|M_{\text{máx}}|}{W_y} = \frac{5,21}{0.0003813} = 13,66 \text{ MPa}$$

Lembra-se que o módulo de resistência ( $W_y$ ) encontra-se disponível na Tabela 8.

Feito isso, calcula-se a tensão cisalhante através da razão entre o esforço cortante no ponto onde ocorre o momento fletor máximo e as áreas da base do perfil da viga principal, lançando mão da equação:

$$\tau = \frac{V}{A_b} = \frac{7,438}{7,62 \times 10^{-3}} = 0,976 \text{ MPa}$$

### 2.2.5.6 Verificações contra escoamento

De acordo com a NBR 8400 (1984), para verificar as condições contra o escoamento, verifica-se o caso de sollicitação pertencente ao pórtico rolante. Feita essa consideração, utiliza-se a Tabela 10 como forma de definir a expressão a ser utilizada para a tensão admissível a tração.

Tabela 10 - Tensões admissíveis à tração (ou compressão) simples

Casos de sollicitação	Caso I	Caso II	Caso III
Tensão admissível			
$\sigma_a$	$\frac{\sigma_e}{1,5}$	$\frac{\sigma_e}{1,33}$	$\frac{\sigma_e}{1,1}$

Fonte: NBR 8400 (1984)

Os casos previstos na Tabela 10, são assim definidos:

caso I - serviço normal e sem vento;

caso II - serviço normal com vento limite de serviço;



caso III - solicitações excepcionais.

Considerando que neste projeto será adotado o caso I, utiliza-se a equação:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,5}$$

Visto que o aço utilizado neste projeto é o ASTM A-36, cuja tensão de escoamento ( $\sigma_e$ ) é de 250 Mpa, calcula-se a tensão admissível ao escoamento:

$$\sigma_a = \frac{250}{1,5} = 166,67 \text{ MPa}$$

Para calcular a tensão admissível, adota-se:

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{3}} = \frac{166,67}{\sqrt{3}} = 96,22 \text{ MPa}$$

A NBR 8400 (1984) determina que três verificações sejam feitas, caso estas existam. Na primeira verificação, as tensões normais devem ser menores ou iguais a tensão admissível ao escoamento ( $\sigma_a$ ). Essa verificação é feita pela equação:

$$\sigma = M_x \times (S_G + \psi S_L + S_H) \leq \sigma_a$$

Substituindo as incógnitas pelos valores já encontrados:

$$\sigma = 1 \times (2,98 + (1,15 \times 90,59) + 51,32) \leq \sigma_a$$

$$\sigma = 158,47 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 166,67 \text{ MPa}$$

Ou seja, a primeira verificação está de acordo com a norma.

Na segunda verificação, para o cisalhamento, o esforço cisalhante ( $\tau_{xy}$ ) deve ser menor ou igual à tensão admissível ao cisalhamento ( $\tau_a$ ). Essa verificação é feita através da equação:

$$\tau = M_x \times (\tau_G + \psi \tau_L + \tau_H) \leq \tau_a$$

Substituindo as incógnitas da equação pelos valores já encontrados, tem-se:

$$\tau = 1 \times (0 + 1,15 \times 25,03 + 0) \leq \tau_a$$

$$\tau = 28,78 \text{ MPa} \leq \tau_a = 96,22 \text{ MPa}$$

Ou seja, a segunda verificação também está de acordo com a norma.

Na terceira análise, verifica-se as tensões de comparação. Essas tensões combinadas devem ser menores ou iguais a tensão admissível ao escoamento ( $\sigma_a$ ).

A verificação é feita a partir da equação:

$$\sigma_{cp} = M_x \times \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq \sigma_a$$

Fazendo as substituições pertinentes, tem-se:

$$\sigma_{cp} = 1,0 \times \sqrt{90,59^2 + 51,32^2 - 90,59 \times 51,32 + 3 \times 25,03^2} \leq \sigma_a$$



$$\sigma_{cp} = 89,83 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 166,67 \text{ MPa}$$

Ou seja, a terceira verificação também está adequada a norma.

Com as três verificações feitas, nota-se que tanto o valor das tensões normais e cisalhantes quanto o valor combinado das tensões atuantes não ultrapassam o valor da tensão admissível para o material. Assim sendo, conclui-se que não haverá escoamento.

### 2.2.5.7 Verificação da deflexão

Conforme mencionado na NBR 8400:1984, para que seja feita a verificação quanto a deflexão, é necessário que as vigas sejam dimensionadas com uma contra flecha cuja deflexão é oriunda do peso próprio somado a metade do peso do carro trolley e da carga máxima. A norma prevê a aplicação da contra flecha quando o valor calculado entre 1/2000 do vão, ou 5 milímetros (o maior valor). A equação utilizada para a verificação da deflexão é:

$$P1 = S_G + 0,5S_L$$

Com os valores do peso próprio ( $S_G$ ) e da carga de serviço ( $S_L$ ) já conhecidos, obtém-se:

$$P1 = 10,31 + 0,5 \times 156,56 = 88,89 \text{ kN}$$

A deflexão gerada pela carga no meio do vão da viga principal é de 8,4 milímetros (valor encontrado através da aplicação da isostática).

### 2.2.3 Pernas

Para dimensionar as pernas do pórtico, deve-se considerar as solicitações oriundas do peso próprio da viga principal somados a carga de serviço no momento mais desfavorável à estrutura, ou seja, será aplicada uma força distribuída de 1,031 kN.m em toda a viga, e uma força concentrada de 156,56 kN a 9,5 metros de distância de uma das extremidades da viga. Aplicando a isostática, tem-se as reações  $A_y$  no valor de 12,97kN e  $B_y$  no valor de 153,88 kN.

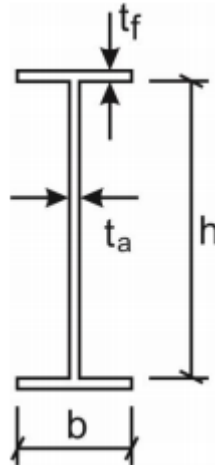
Considerando também o peso próprio dos perfis que compõe as pernas, no valor de 53,15 kg/m, obtém-se uma carga distribuída (PP) de 0,521 kN.m, o que resulta em um estado de compressão das pernas de 90,15 kN.

Definidos os parâmetros do perfil das pernas do pórtico, torna-se viável encontrar a área referente à sua seção. É importante frisar que a escolha seja



compatível com o perfil utilizado na viga principal. Para que esta condição seja atendida, será utilizado o perfil abaixo, Figura 5:

Figura 5 – Representação do pilar utilizado nas pernas do pórtico



Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Onde:

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$t_a = 6,35 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$h = 484,12 \text{ mm}$$

Com o perfil dimensionado e aplicando a isostática, determina-se os valores dos momentos de inércia e módulos resistentes dos eixos x e y. Considera-se a massa específica do material ( $\rho$ ) como sendo  $7850 \text{ kg/m}^3$ , para que assim seja definida a massa e o peso da viga. As propriedades da viga em questão são apresentadas da Tabela 11 abaixo:

Tabela 11 – Dados da seção do perfil das pernas

Dados da seção do perfil das pernas					
Wx	$1,2199 \times 10^{+13}$	mm <sup>3</sup>	Área Total	7813,16	mm <sup>2</sup>
Wy	$1,088 \times 10^{+12}$	mm <sup>3</sup>	Massa	445,88	kg
Ix	310700000	mm <sup>4</sup>	Peso	4374,08	N
Iy	8700000	mm <sup>4</sup>	Massa Específica	7850	kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Elaborada pelo autor (2021)



Na verificação do escoamento, é necessário que a tensão ( $\sigma$ ) encontrada seja menor que a tensão admissível para o aço ASTM A36, cuja tensão admissível ao escoamento ( $\sigma_a$ ) é de 166,67 Mpa. A verificação é feita através da equação:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Sabendo que nas pernas do pórtico rolante, a força atuante de compressão (C) é de 90,15 kN, e a área (A), conforme tabela 11, é de  $7,813 \times 10^{-3}$ , tem-se:

$$\sigma = \frac{90,15}{7,813 \times 10^{-3}} = 11,54 \text{ MPa}$$

Ou seja, a tensão encontrada ( $\sigma$ ) é menor que a tensão admissível ( $\sigma_a$ ), portanto, não haverá escoamento.

A NBR 8400 (1984) prevê que todos os componentes estruturais que possuem compressão a eles aplicados, devem ser verificados através da equação abaixo, aonde o resultado da tensão total ( $\sigma$ ), multiplicada pelo coeficiente de flambagem ( $\omega$ ) encontrado na Tabela 12 abaixo, deve ser menor que a tensão admissível.

**Tabela 12 - Valor do coeficiente  $\omega$  em função da esbeltez  $\lambda$  para laminados em aço de 37 daN/mm<sup>2</sup>**

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20
50	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29
60	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40
70	1,41	1,42	1,44	1,45	1,46	1,48	1,49	1,50	1,52	1,53
80	1,55	1,56	1,58	1,59	1,61	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
90	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88
100	1,90	1,92	1,94	1,96	1,98	2,00	2,02	2,05	2,07	2,09
110	2,11	2,14	2,16	2,18	2,21	2,23	2,27	2,31	2,35	2,39
120	2,43	2,47	2,51	2,55	2,60	2,64	2,68	2,72	2,77	2,81
130	2,85	2,90	2,94	2,99	3,03	3,08	3,12	3,17	3,22	3,26
140	3,31	3,36	3,41	3,45	3,50	3,55	3,60	3,65	3,70	3,75
150	3,80	3,85	3,90	3,95	4,00	4,06	4,11	4,16	4,22	4,27
160	4,32	4,38	4,43	4,49	4,54	4,60	4,65	4,71	4,77	4,82
170	4,88	4,94	5,00	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29	5,35	5,41
180	5,47	5,53	5,59	5,66	5,72	5,78	5,84	5,91	5,97	6,03
190	6,10	6,16	6,23	6,29	6,36	6,42	6,49	6,55	6,62	6,69
200	6,75	6,82	6,89	6,96	7,03	7,10	7,17	7,24	7,31	7,38
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,73	7,81	7,88	7,95	8,03	8,10
220	8,17	8,25	8,32	8,40	8,47	8,55	8,63	8,70	8,78	8,86
230	8,93	9,01	9,09	9,17	9,25	9,33	9,41	9,49	9,57	9,65
240	9,73	9,81	9,89	9,97	10,05	10,14	10,22	10,30	10,39	10,47
250	10,55									

Fonte: NBR 8400 (1984)



Para que essa verificação seja feita, aplica-se a isostática para calcular o raio de giração nos sentidos x e y utilizando a equação abaixo:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad \text{e} \quad r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

Conforme Tabela 11, o momento de inércia em x e y valem, respectivamente, 310700000 mm<sup>4</sup> e 8700000 mm<sup>4</sup>, e a área (A) para ambos tem o valor de 7813,16 mm<sup>2</sup>. Assim sendo, tem-se:

$$r_x = \sqrt{\frac{310700000}{7813,16}} = 199,4 \text{ mm} \quad \text{e} \quad r_y = \sqrt{\frac{8700000}{7813,16}} = 33,36 \text{ mm}$$

Encontrado o raio de giração, calcula-se o coeficiente de esbeltez ( $\lambda$ ). A NBR 8400 (1984) permite que, na dúvida em determinar a influência dos engastes existentes nas extremidades da barra, admite-se que sua influência é desconsiderada e acata-se a barra como sendo articulada em suas duas extremidades. Nessa situação, o comprimento de flambagem é o comprimento real ( $k=1$ ). Visto o comprimento (L) da perna do pórtico de 8,44 metros, calcula-se o coeficiente de esbeltez nos sentidos x e y, utilizando a equação:

$$\lambda_x = \frac{kL}{r_x} = \frac{1 \times 8,44}{0,1994} = 42,32 \quad \text{e} \quad \lambda_y = \frac{kL}{r_y} = \frac{1 \times 8,44}{0,03336} = 252,99$$

Encontrado os valores do coeficiente de esbeltez ( $\lambda$ ), utiliza-se a Tabela 12 para identificar o valor utilizado para o coeficiente de flambagem ( $\omega$ ). Nesta situação, tem-se para  $\omega_x$  o valor de 1,15 e para  $\omega_y$  o valor de 10,55. Estes valores serão multiplicados pela tensão ( $\sigma$ ) de 11,54 Mpa, e deverão ser verificados de acordo com a equação abaixo:

$$\sigma\omega \leq \sigma_a$$

Com isso, tem-se:

$$\sigma\omega_x \leq \sigma_a \quad \text{e} \quad \sigma\omega_y \leq \sigma_a$$

$$11,54 \times 1,15 \leq 166,67 \quad \text{e} \quad 11,54 \times 10,55 \leq 166,67$$

$$13,27 \text{ MPa} \leq 166,67 \text{ MPa} \quad \text{e} \quad 121,7 \text{ MPa} \leq 166,67 \text{ MPa}$$

Visto que ambas são menores que a tensão admissível de escoamento ( $\sigma_a$ ), conclui-se que não ocorrerá flambagem global em nenhum dos sentidos analisados.

### 2.2.4 Vigas de ligação

As vigas de ligação são estruturas cuja função é ligar os pilares. Neste caso, para o dimensionamento dessas vigas, serão adotadas as mesmas situações que

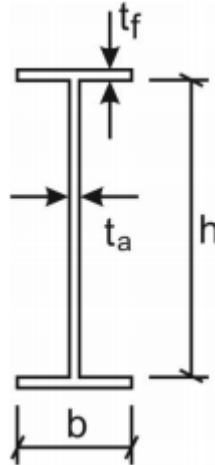




foram utilizadas para o cálculo da viga principal.

Para as vigas de ligação, será adotado o perfil comercial da GERDAU, W310X32,7, conforme ilustrado na Figura 6 abaixo:

**Figura 6 - Seção do pilar utilizado nas vigas de ligação**



Fonte: Elaborada pelo autor (2021)

Onde:

$$b = 102,0 \text{ mm}$$

$$t_a = 6,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,8 \text{ mm}$$

$$h = 290,4 \text{ mm}$$

Os parâmetros do perfil são apresentados na Tabela 13:

**Tabela 13 - Dados da seção do perfil das vigas de ligação**

Dados da seção do perfil da viga de ligação					
$W_x$	416000	$\text{mm}^3$	Área Total	4180	$\text{mm}^2$
$W_y$	37900	$\text{mm}^3$	Massa	131,25	kg
$I_x$	64900000	$\text{mm}^4$	Peso	1287,6	N
$I_y$	1940000	$\text{mm}^4$	Área Alma	2059,2	$\text{mm}^2$

Fonte: GERDAU (adaptado, 2021)

O perfil adotado é fabricado em aço ASTM A572 GR50, e possui o limite de escoamento ( $\sigma_e$ ) de 345 MPa. Utilizando a tabela 10, tem-se a tensão admissível ( $\sigma_a$ ) calculada pela equação:



$$\sigma_a = \frac{\sigma_e}{1,5} = \frac{345}{1,5} = 230 \text{ MPa}$$

Para calcular a tensão admissível ao cisalhamento ( $\tau_a$ ) deste perfil, utiliza-se a equação:

$$\tau_a = \frac{\sigma_a}{\sqrt{3}} = \frac{230}{\sqrt{3}} = 132,79 \text{ MPa}$$

### 2.2.4.1 Solicitações atuantes na estrutura

Serão calculadas as solicitações atuantes da estrutura levando em consideração o peso próprio da viga de ligação, bem como a solicitação devido ao peso atuante acima das vigas inferiores.

#### 2.2.4.1.1 Solicitações atuantes devido ao peso próprio

Sabendo-se que as solicitações devido ao peso próprio são oriundas de uma carga distribuída, utiliza-se a equação abaixo para dimensionar essa carga.

$$w_1 = A \times \rho \times g$$

Visto que a massa específica ( $\rho$ ) é de  $7850 \text{ kg/m}^3$  e a área ( $A$ ) de  $0,00418 \text{ m}^2$  (conforme tabela 13), aplica-se os valores na equação:

$$w_1 = 0,00418 \times 7850 \times 9,81 = 0,322 \text{ kN/m}$$

Com a carga distribuída dimensionada, aplica-se a isostática para calcular o momento fletor e esforço cortante. Nesta situação, o momento fletor máximo ( $M_{\text{máx}}$ ) tem o valor de  $0,6430 \text{ kN.m}$ , e o esforço cortante máximo ( $V_{\text{máx}}$ ) de  $0,6440 \text{ kN}$ . Sabendo que o módulo resistente ( $W_x$ ) encontrado na Tabela 13 vale  $4,16 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ , calcula-se a tensão devido ao peso próprio ( $S_G$ ).

$$S_G = \frac{|M_{\text{máx}}|}{W_x} = \frac{0,6430}{4,16 \times 10^{-3}} = 1,54 \text{ MPa}$$

#### 2.2.4.1.1.2 Solicitações atuantes devido ao peso acima da viga de ligação

Sabe-se que, apesar de as cargas atuantes acima da viga de ligação não gerarem momento fletor, elas resultam uma tensão cisalhante, que deve ser calculada considerando-se o peso das estruturas que estão situadas acima da viga, como a viga principal, as pernas e carga de serviço, que somadas, resultam em um esforço aplicado de  $171,24 \text{ kN}$ .



$$\begin{aligned} \sum \text{Peso Viga Principal} + \text{Peso Pernas} + \text{Peso Carga de Serviço} &= 10,31 + 4,37 + 156,56 \\ &= 171,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Com esse valor encontrado, e sabendo que a área da alma do perfil ( $A_a$ ) é de  $2,06 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , calcula-se a tensão cisalhante utilizando a equação:

$$\tau_{SL} = \frac{V}{A} = \frac{171,24}{2,06 \times 10^{-3}} = 83,12 \text{ MPa}$$

### 2.2.4.2 Verificação contra o escoamento

Nesta verificação, deve-se observar se as tensões calculadas para o dimensionamento são menores que as tensões admissíveis do perfil. Para isso, serão consideradas as três equações de verificação abaixo:

$$\sigma = M_x \times (S_G + \psi S_L + S_H) \leq \sigma_a ;$$

$$\text{substituindo valores, tem-se que: } \sigma = 1,54 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 230 \text{ Mpa.}$$

$$\tau = M_x \times (\tau_G + \psi \tau_L + \tau_H) \leq \tau_a ;$$

$$\text{substituindo valores, tem-se que: } \tau = 83,12 \text{ MPa} \leq \tau_a = 132,79 \text{ Mpa.}$$

$$\sigma_{cp} = M_x \times \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2} \leq \sigma_a ;$$

$$\text{substituindo valores, tem-se que: } \sigma_{cp} = 143,97 \text{ MPa} \leq \sigma_a = 230 \text{ Mpa.}$$

Feitas as verificações, conclui-se que todas estão de acordo com o previsto pela NBR 8400 (1984).

### 2.2.4.3 Vigas de fechamento

Devido ao fato de os perfis dimensionados para as pernas possuírem altura ( $h$ ) maior que 500 mm, a ligação com a viga principal será direta, formando assim o apoio que seria realizado pela viga de fechamento. Ou seja, para esta situação, não serão necessárias vigas de fechamento.

### 2.2.4.5 Verificações finais

Como consideração final, é necessário verificar a estrutura quanto ao tombamento, como forma de garantir sua segurança.



### 2.2.4.5.1 Verificação contra o tombamento.

Neste caso, não existem cargas suspensas em balanço no pórtico rolante, ou seja, não há risco de tombamento do equipamento em questão. Sendo assim, considera-se o Pórtico Rolante devidamente dimensionado.

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o objetivo do dimensionamento estrutural proposto para este projeto, foi atendido, visto que após as verificações estruturais realizadas, evidenciou-se que o equipamento dimensionado suporta todas as solicitações a ele aplicadas, estando em total conformidade com a NBR 8400 de 1984. Foram verificadas falhas referentes ao escoamento, necessidade de aplicação de contra flecha, flambagem localizada e global, e foi constatado que com os parâmetros de projeto adotados, nenhuma destas falhas ocorrerá no equipamento.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. F. S. **Desenvolvimento de uma ferramenta paramétrica em linguagem APDL para o cálculo da estrutura de um pórtico rolante.** 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8400:** cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro, 1984.

BARDELLA et al. **Pórticos:** sistemas de movimentação e transporte. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium. Araçatuba – SP. 2019.

BRASIL, Haroldo Vinagre. **Máquinas de levantamento.** Rio de Janeiro, RJ: Guanabara S.A, 1988

COSTA, G. T. P.; SILVA, F. S. da **Dimensionamento de pórtico rolante dupla viga 100t.** Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 2013.

SOBUE, Gustavo. **Modelagem paramétrica de pórticos rolantes:** estabilidade estrutural e otimização. Dissertação (Mestrado integrado em Engenharia Mecânica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2005.



SORDI, Giovani. **Dimensionamento da viga principal de uma ponte rolante.** Trabalho de Conclusão do Curso (Engenharia Mecânica) - Centro Universitário - Univates. Lajeado, 2016.

TAMASAUSKAS, Artur. **Metodologia do projeto básico de equipamento de manuseio e transporte de cargas** - Ponte Rolante – Aplicação não-siderúrgica. São Paulo, 2000.



## DIMENSIONAMENTO DO ELEVADOR DE ACESSIBILIDADE COM CAPACIDADE DE 300 KG

### SIZING OF THE ACCESSIBILITY ELEVATOR WITH 300 KG CAPACITY

Fernando Ferreira Figueirôa<sup>1</sup>  
Fernando da Silva Santos<sup>2</sup>  
Richard Alberto da Costa Viana<sup>3</sup>  
Thiago Amorim Reginaldo<sup>4</sup>

#### RESUMO

Com o desenvolvimento dos centros urbanos e com o aumento da necessidade de locomoção das pessoas, a criação dos elevadores visou oferecer aos usuários conforto, confiabilidade e segurança durante a viagem. Ao longo do tempo houve muitas mudanças e aprimoramentos a fim de garantir a confiabilidade do equipamento aos seus usuários. Este trabalho teve como finalidade realizar um projeto viável e com segurança de um elevador para atender pessoas com pouco ou nenhuma mobilidade. Tendo em vista a amplitude de aplicação de toda montagem para o funcionamento dele, foram abordados os melhores procedimentos e resultados mais confiáveis em todo monitoramento e controle. Foi Dimensionado um elevador para até 02 (dois) passageiros de um estabelecimento com 2 andares e previsão de 2 paradas através das normas pertinentes e os conhecimentos de engenharia.

**Palavras-chave:** Engenharia mecânica. Transporte. Elevadores. Acessibilidade.

#### ABSTRACT

With the development of urban centers and the increasing need for people to move around, the creation of elevators aimed to offer users comfort, reliability, and safety during their journey. Over time, there have been many changes and improvements to guarantee the reliability of the equipment to its users. The purpose of this work was to carry out a viable and safe project for an elevator to serve people with little or no mobility. In view of the breadth of application of the entire assembly for its operation, the best procedures and most reliable results in all monitoring and control were addressed. An elevator was dimensioned for up to 02 (two) passengers of an establishment with 2 floors and provision for 2 stops through the relevant standards and engineering knowledge.

**Keywords:** Mechanical engineering. Transports. Elevators. Accessibility.

<sup>1</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa

<sup>2</sup> Professor – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. fernando.santos@ubm.br

<sup>3</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. richard.rowtter@gmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. reginaldoth21@gmail.com



### 1 INTRODUÇÃO

O homem busca inovações, e é da mesma forma nos aparelhos de transportes, evoluindo, aproximando povos e nações e compartilhando conhecimentos e experiências. Já era possível percorrer distâncias, mas não subir um prédio sem precisar de escadas ou rampas. Foi então que em 1853, Elisha Graves Otis, inventou o primeiro projeto para elevadores. Criou um trilho onde passava um cabo, sem trepidação, com sistema de “garras” para travar o elevador se o cabo se partisse.

Em 1880, a empresa alemã Siemens & Halske utilizou a energia elétrica na tração dos elevadores, para que estes subissem 22 metros em 11 segundos. Atualmente com a ajuda da engenharia, essa velocidade está em torno de 100 metros por minuto (1,67 m/s). Uma das partes importantíssima deste desenvolvimento é o engenheiro mecânico, cujo papel principal é projetar, dimensionar e estabelecer parâmetros dentro das normas e conhecimentos da área, garantindo assim a eficiência do equipamento e principalmente a segurança de sua operação.

Iremos apresentar um projeto de elevador para pessoas com dificuldade de locomoção, mostrando a importância do engenheiro mecânico na execução

#### 1.1 OBJETIVOS

##### 1.1.1 Objetivo geral

Dimensionar um elevador com capacidade de 300 kg ou 02 (dois) passageiros (pessoa com necessidade e acompanhante) para facilitar acessibilidade de pessoas com dificuldade de locomoção.

##### 1.1.2 Objetivo específico

- Dimensionar e projetar um elevador de acessibilidade, bem como os seus componentes de operação.
- Especificar, através das normas pertinentes e os conhecimentos de engenharia, as dimensões da cabine, porta de acesso, velocidade de operação, capacidade de carga acionamentos elétricos, entre outros.

#### 1.2 JUSTIFICATIVA

Através deste projeto serão adquiridos conhecimentos que irão ser levados por toda a carreira do engenheiro mecânico, como a importância de se projetar e dimensionar equipamentos com parâmetros adequados as normas vigentes, bem



como a correta elaboração e sistemática de um projeto mecânico dimensionado com segurança para atender as demandas de mercado além das necessidades pessoais e normativas.

## **2 DIMENSIONAMENTO DO ELEVADOR DE ACESSIBILIDADE COM CAPACIDADE DE 300 KG**

### 2.1 METODOLOGIA

Para o projeto precisamos seguir normas, procedimentos e especificações. Em nosso projeto utilizaremos algumas normas determinantes para seu dimensionamento, além da adequação à necessidade da sua utilização com o estudo de caso.

A Norma ABNT NBR 8400 tem como objetivo a fixação de diretrizes básicas para o cálculo das partes estruturais e componentes mecânicos dos equipamentos de levantamento e movimentação de cargas. Utilizaremos as tabelas contidas na norma para a elaboração dos cálculos e funções.

Utilizamos o diagrama de estados de cargas (ou estados de tensão), para determinar as tensões consideradas nos elementos de estrutura. Dois grupos são levados em consideração para determinar qual pertence o elemento: classe de utilização e estado de tensão, segundo a Norma ABNT NBR 8400.

Um dos princípios que usaremos é a tabela de tempos de acelerações presente dentro da NBR, ela fornece valores de tempos de aceleração recomendadas. O esforço horizontal a considerar deve ser no mínimo de 1/10 da carga sobre as rodas do motoras e no máximo  $\frac{1}{4}$  desta carga.

A norma NBR 8400 está presente em cada detalhe do projeto, possibilitando elaborar os cálculos e diagramas para realização do projeto. As tabelas apresentadas, mostrarão os métodos utilizados até em casos de reações horizontais transversal, que ocorrem quando duas rodas giram sobre um trilho, originando um movimento formado pelas forças horizontais perpendiculares dele.

O tráfego deve ser calculado em função da população estipulada no projeto, espaço útil projetado do edifício e em comum acordo entre o proprietário e o autor. Os elevadores devem ser capazes de transportar, em 5min, as porcentagens mínimas, informadas nas normas, da população do edifício ou da necessidade para a qual ele foi projetado (NBR 5665).





As normas, NBR NM 207:1999 e NBR NM 313:2007, definem as regras de segurança para construção e instalação relacionada a elevadores elétricos de passageiros, incluindo pessoas com dificuldade de locomoção, portanto, consiste em proteger os passageiros, especialistas de manutenção e inspeção, pessoas fora do elevador, e caso exista, casa de máquinas e casa de polias. Também visa proteger objetos na cabine, componentes de instalação do elevador e o edifício onde será instalado o mesmo.

Para o projeto de um elevador, existem vários tipos de motores elétricos. É necessária uma avaliação detalhada para sua escolha, avaliando o fator de potência, rendimento e elevação de temperatura, isolamento, tensão e grau de proteção mecânica, custo inicial, capacidade de rede, necessidade da correção do fator de potência, conjugados requeridos, efeito da inércia da carga, necessidade ou não de regulação de velocidade e exposição da máquina em ambientes úmidos, poluídos e/ou agressivos.

É importante considerar características técnicas de aplicação, cargas, meio ambiente e alimentação para calcular o torque necessário para produzir o movimento inicial. O conjugado do motor deve ser sempre superior ao conjugado da carga, para que seja possível partir de uma velocidade zero e atingir a velocidade nominal, vencendo a inércia estática do elevador. O conjugado de aceleração é o torque necessário para acelerar a carga à velocidade nominal e deve ser sempre maior que o conjugado de carga, em todos os pontos entre zero e a rotação nominal.

No ponto de interseção das duas curvas, o conjugado de aceleração é nulo, atingido o ponto de equilíbrio, onde a velocidade permanece constante. Este ponto de interseção entre as duas curvas, deve corresponder à velocidade nominal. O conjugado médio de aceleração é a diferença entre o conjugado do motor e o conjugado resistente da carga. Já o conjugado nominal é o torque necessário para mover a carga na condição de regime permanente e pode ser dividido em conjugado constante, conjugado variável ou potência constante.

Nossa metodologia de trabalho, vem para especificar o projeto e dimensionar corretamente cada componente desse equipamento.

Consideramos que projetar é uma condição que engloba não só o dimensionamento dos componentes, mas também um planejamento adequado de “o que será realizado?”, “qual a necessidade”, “analogias envolvidas”, “detalhamento técnico do projeto”, “estar em concordância com as normas” e além de entender as



“solicitações dos clientes”. E o fator dimensionar, definimos como especificar corretamente, através do conhecimento adquirido, os componentes de um determinado projeto.

### 2.2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Nessa etapa apresentaremos as especificações entre o projeto preliminar e a documentação do projeto, ou seja, serão desenvolvidos aqui o projeto preliminar e projeto detalhado. Será abordado: a cabine, o contrapeso, os cabos e polias, a máquina de tração, as guias para o carro e para o contrapeso, a caixa e os dispositivos de segurança de acordo com a norma (NBR NM 207). Especificando os cálculos realizados, as simplificações admitidas nos modelos com base no método dos elementos finitos. Informamos que para os cálculos foi considerado a utilização do aço A572 Grau 50 com as seguintes características:

- Limite de escoamento = 345 MPa;
- Limite de ruptura = 450 Mpa;
- Alongamento base de medida 200 mm = 18 %;
- Concentração máxima de Carbono (C) = 0,23 %;
- Concentração máxima de Manganês (Mn) = 1,35 %;
- Concentração máxima de Fósforo (P) = 0,03 %;
- Concentração máxima de Enxofre (S) = 0,03 %;
- Concentração máxima de Silício (Si) = 0,40 %;

Componentes e equipamentos dimensionados:

#### **I Cabine**

Afirmado à normativa (NBR NM 207 e NBR NM 313), sabe-se que a cabine é a parte do elevador que transporta passageiros e objetos. Por meio da mesma norma, define-se também que a área da cabine 1 é limitada a um mínimo de 1,25 m<sup>2</sup> e máximo de 1,54 m<sup>2</sup> e carga máxima de 600 kg. Como o tráfego calculado por norma (NBR 5665) é pequeno e a capacidade máxima do equipamento é de 300 kg, sendo de 2 pessoas.

As aberturas permitidas são as entradas para acesso normal dos passageiros e as aberturas para ventilação, segundo a normativa (NBR NM 207 e NBR NM 313).

Todo o conjunto é formado pela armação, cursores, paredes, piso e teto da cabine, o qual deve ter resistência mecânica suficiente para suportar as forças



aplicadas no funcionamento normal do elevador, na aplicação do freio de segurança ou no impacto do carro com o para-choque (NBR NM 207 e NBR NM 313).

### II Contrapeso

O contrapeso deve ser construído de maneira que sua massa total seja igual à massa do carro ( $K$ ) mais 50% da carga útil ( $Q$ ). Este dispositivo serve para contrabalancear as forças de tração do equipamento permitindo assim um início e fim de operação de forma mais suave além de evitar esforços desnecessários nos cabos de aço e máquina de tração. Entretanto o equipamento se comporta de maneira semelhante a uma polia móvel. Portanto, a massa necessária do contrapeso é igual à metade do valor convencionado, seguindo a Equação 6 apresentada abaixo:

$$P_{\text{contrapeso}} = \frac{K + 0.5 Q}{2} \quad (1)$$

Calcula-se que a massa das paredes de vidro tem cerca de 80 kg e os acessórios dentro da cabine somem uma carga de 5 kg. Assim sendo, considerando-se a massa do carro igual a soma das massas das peças, das paredes de vidro e dos acessórios na cabine:

$$P_{\text{contrapeso}} = \underline{262 + 150} \quad (2)$$

$$P_{\text{contrapeso}} = 206 \text{ kg}$$

Temos que a massa total do contrapeso deve ser de 206 kg já considerando a massa de sua estrutura em conjunto.

As empresas fabricantes de perfis de aço fornecem o material em barras de 6 metros. Sabendo disso, nota-se que haverá excedente de material a partir da construção da estrutura da cabina. Logo, optou-se, visando o menor custo, por utilizar o restante dos perfis que não foram empregados na montagem da cabine e adotamos sucata metálica na inserção da montagem final.

### III Cabos de aço

Os cabos de suspensão e as polias são componentes vitais na construção de um elevador. Pela norma (NBR NM 207 e NBR NM 313), define-se que o diâmetro nominal mínimo do cabo deve ser de pelo menos 8 mm e que um elevador de tração



deve ser suspenso por no mínimo 3 cabos. Impõe-se também que o coeficiente de segurança deve ser de no mínimo 10.

É certo que a tensão máxima no cabo será causada quando a cabine estiver com sua carga total. Portanto, a tensão máxima do cabo será dada, devido à especificação do elevador, pela terça parte da soma das massas total do carro e da carga útil da cabine multiplicada pela aceleração da gravidade e o resultado dividido pelo fator de encablamento conforme Tabela 1 (CIMAF, 2014) e multiplicado pelo fator de segurança.

**Tabela 1: Fator de Encablamento**

Fator de encablamento	Classe do cabo
0,96	Cordoalha de 3 e 7 arames
0,94	Cordoalha de 19 e 37 arames
0,86	6x7
0,825	6x19, 8x19 e MinePac
0,80	PowerPac, 6x36
0,73	ErgoFlex e ErgoFlex Plus
0,72	18x7

Fonte: CIMAF (2014)

Devido ao fato de ser um dos componentes mais críticos do elevador, adotou-se o coeficiente de segurança 12 (PROTEC – Projetista de Máquinas).

### **I Polias**

Para a polia, a relação entre o diâmetro primitivo de polias e o diâmetro nominal de cabos de suspensão deve ser pelo menos 40, independentemente do número de pernas segundo a norma (NBR NM 207). Logo, o diâmetro mínimo da polia deverá ser de pelo menos 382 mm.

### **II Máquina de Tração**

No processo de seleção da máquina de tração é necessário considerar o motor elétrico e o sistema de tração. Considerando que os motores elétricos tem a característica de sua rotação ser geralmente definida pelo número de polos e a frequência da rede elétrica. Nas instalações elétricas comerciais, na cidade de Barra Mansa/RJ, a frequência utilizada é de 60 Hz e é comum utilizar motores de 4 pólos, trifásicos, para rotação síncrona de 1800 rpm.

Com um sistema de redução eficiente e seguro, consideramos que a relação de transmissão deverá ser de 1:50, em um conjunto de redutor de coroa e parafuso

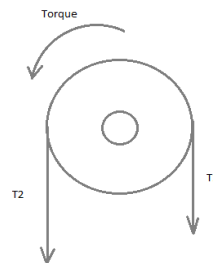


sem fim. É importante a utilização de um inversor de frequência, pois este trará um melhor condicionamento nos quesitos de velocidade e de torque.

Para encontrarmos a potência da máquina de tração é necessário considerar o torque mecânico máximo submetido aos ramos da polia motriz, conforme a Figura 1. O torque mecânico  $T_{mec}$  é dado pela Equação 01 abaixo, que considera o raio nominal da polia motriz ( $r$ ) e as forças atuantes nos cabos de suspensão ( $T1$  e  $T2$ ).

$$T_{mec} = (T1 - T2) \cdot r \quad (2)$$

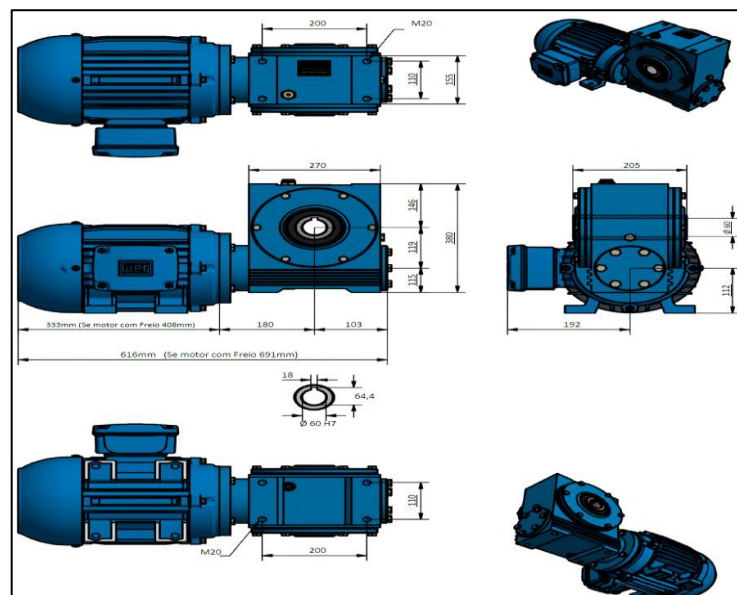
Figura 02: Torque na máquina de tração



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

O moto-redutor selecionado foi o **M1213402V0HPW1**, demonstrado na Figura 3. As características fornecidas pelo fabricante para esse moto-redutor estão descritas na Tabela 2.

Figura 3: Moto-redutor



Fonte: LILO REDUTORES (2021)



**Tabela 2: Características do moto-reductor**

Características do motor		
Características	Valor	Unidade
Tipo do motor	Elétrico Trifásico W22 Plus	WEG
Carcasa	112 M	WEG
Potência	7,5 (5,5)	cv (kw)
Frequência	60	Hz
Polos	4	
Rotação nominal	1750 ~1800	rpm
Escorregamento	3,33	%
Tensão nominal	220 / 380	V
Corrente nominal (220v)	20,2	A
Corrente de partida	56 ~ 63	A
Ip / In:	6,3	A
Corrente a vazio	13,7	
Conjugado nominal	3,08	kgf.m
Conjugado de partida	200	%
Conjugado máximo	250	%
Categoria	D	
Classe de isolamento	F	Norma IEC
Elevação de Temperatura	80	°K
Tempo de Rotor Bloqueado	16 (quente)	s
Fator de serviço	1,15	
Regime de serviço	S1	
Temperatura Ambiente	- 20 ~ +40	°C
Altitude	1000	m
Proteção	IP55	Norma IEC
Massa aproximada	35	kg
Momento de inércia "J"	0,0206	kg.m <sup>2</sup>
Nível de ruído	56	dB
Características do reductor		
Característica	Valor	Unidade
Rotação de entrada do reductor	1750~1800	rpm
Redução	49~50	adimensional
Rotação de saída do reductor	36	rpm
Potência do motor acoplado	7,5 (5,5)	cv (kw)
Torque de saída do motoredutor	944 (92,6)	N.m (kgf.m)
Fator de serviço do reductor/motor	1	adimensional
Redutor lubrificado por	Óleo	adimensional
Rendimento	64	%
Massa aproximada do reductor	75	kg
Tamanho/Modelo do reductor	M12	adimensional
Saída do reductor	Eixo vazado (60)	(mm)
Código do reductor pelo fabricante	M1213402V0HPW1	Lilo Redutores

Fonte: LILO REDUTORES (2021)

### I Guias para o Carro e para o Contrapeso

A NBR 12892:2009 estabelece que as guias devam ter resistência suficiente para suportar as forças realizadas na operação nominal, nas condições de acionamento do dispositivo de segurança e ensaios, para garantir que o funcionamento do elevador de forma segura. O carro e o contrapeso devem ser guiados por ao menos duas guias de aço rígidas. As deflexões das guias são restritas para evitar o choque entre as partes móveis, garantir que os dispositivos de segurança atuem de forma efetiva e para impossibilitar o destravamento acidental das portas do elevador.

A deflexão máxima admissível para máquinas com freio de segurança é de 5 mm. Para o dimensionamento das guias do elevador, foram utilizados os métodos expressados pelas equações a seguir.

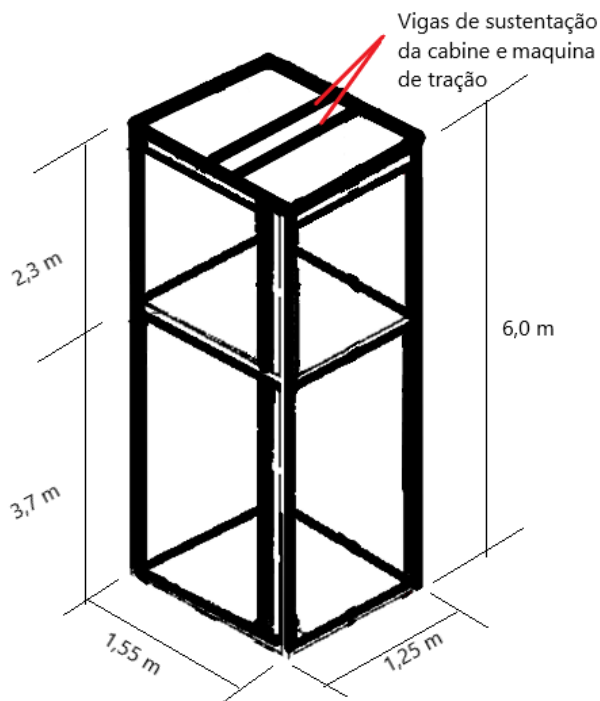
### II Caixa

A caixa atende com a principal função que é proteger a cabine do elevador e suas partes móveis, servindo também como estrutura para fixar suportes, sistema de



frenagem e portas de emergência e de pavimento. Conforme a Figura 4, foi projetada utilizando perfis de viga “I” de 3” na 1ª alma

**Figura 4: Dimensional da caixa do elevador**



**Fonte:** Autores (2021)

### **III Dispositivos de segurança**

Os elevadores apresentam dispositivos mecânicos de segurança, denominados limitador de velocidade e freio de segurança, adequados por trazer maior segurança e entrarão em ação ocorrendo uma falha que cause o excesso de velocidade do carro.

Inicialmente o sistema de segurança é definido como um dispositivo monitorador da velocidade do elevador, elaborado singularmente de uma polia, sobre a qual assenta um cabo de aço que corre por ela. Apresentamos na Figura 5, um modelo de limitador de velocidade.



**Figura 5: Limitador de velocidade**



**Fonte:** ELEVATEC (2021)

### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todo nosso projeto foi elaborado com base nas disciplinas estudadas até o momento. Utilizamos o conhecimento adquirido para projetar e elaborar nosso trabalho de conclusão de curso em apoio a uma causa de necessidade populacional e até mesmo de questões próprias. Todo elemento, mecanismo e dispositivo utilizado, foram analisados, calculados e revisados para garantir a real confiabilidade e segurança do projeto. Devido ao cenário atual, onde temos que nos reinventar e prezar pela qualidade do nosso esforço laboral, foram avaliados sistemas e materiais que agregassem segurança e baixo custo no projeto.

A fim de elaborar um projeto com custo e benefício factíveis ao mercado atual realizamos várias cotações com os mais variados fabricantes e sempre buscando a qualidade no produto. Até mesmo na proteção contra corrosão escolhida, além de um bom aterramento, foi definido o uso de uma pintura anticorrosiva tipo epóxi, que aplicada ao equipamento e devido fatores climáticos da região onde será aplicado o projeto, teremos pouca necessidade ou quase nenhuma intervenção na pintura, desde que realizada corretamente e atendendo todos os requisitos normativos para tal. Os melhores valores ofertados foram expressos na Tabela 3 abaixo.





**Tabela 3: Orçamento**

Custos do projeto em mai/2021				
Item	Descrição	Quantidade	Valor Unitário(R\$)	Valor Total (R\$)
1	Vigas e pilares da cabine e contra peso	5	R\$ 412,00	R\$ 2.060,00
2	Vigas e pilares da caixa	8	R\$ 655,00	R\$ 5.240,00
3	Vigas estruturais	1	R\$ 655,00	R\$ 655,00
4	Porta	2	R\$ 1.162,50	R\$ 2.325,00
5	Fecho eletromecânico	2	R\$ 457,00	R\$ 914,00
6	Parafuso olhal (1200 kg)	8	R\$ 64,35	R\$ 514,80
7	Cabo de aço (m)	25	R\$ 30,00	R\$ 750,00
8	Polia (SC POLIAS)	1	R\$ 932,20	R\$ 932,20
9	Moto-reductor (Lilo Redutores)	1	R\$ 8.046,61	R\$ 8.046,61
10	Vidro temperado incolor 8mm (m <sup>2</sup> )	7	R\$ 199,00	R\$ 1.393,00
11	Quadro elétrico c/ componentes	1	R\$ 2.100,00	R\$ 2.100,00
12	Inversor de frequência	1	R\$ 2.743,21	R\$ 2.743,21
13	Botoeira	3	R\$ 257,66	R\$ 772,98
14	Freio de emergência	1	R\$ 1.250,00	R\$ 1.250,00
15	Limitador de velocidade	1	R\$ 1.650,00	R\$ 1.650,00
16	Tinta anti-corrosiva (lata 3,6l)	1	R\$ 121,30	R\$ 121,30
17	Fiação elétrica	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
18	Mão de Obra	1	R\$ 16.500,00	R\$ 16.500,00
19	Projeto + ART	1	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00
<b>Total</b>				<b>R\$ 52.368,10</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Os valores apresentados estão dentro da realidade de projetos desse nível, visto que um fabricante de grande porte consegue realizar a confecção de um projeto similar ao aqui apresentado com um custo mais elevado em 35%. Apresentamos com esse projeto além de segurança, um excelente “*custo x benefício*”.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste trabalho foi dimensionar e projetar um elevador de passageiros/pacientes, bem como os seus componentes de operação de um edifício com 2 andares e previsão de 2 paradas. Compreendendo a funcionalidade do equipamento, prezamos pela qualidade e segurança, além de fácil instalação e adequação ao ambiente. Desta forma, o trabalho atingiu os objetivos propostos quando foi desenvolvida todas as etapas que um projeto necessita para sua execução, assim gerando a concepção final do produto projetado utilizando um modelo de formulário de cálculo de tráfego conforme apresentado no desenvolvimento.

Esse projeto envolve primeiramente o conhecimento de tecnologias de mercado na área de elevadores, do funcionamento do equipamento e das partes e termos usuais empregados nesse tipo de equipamento mecânico. Além disso, abrange a teoria de resistência dos materiais e as idealizações matemáticas para simplificação dessa problemática.



Alcançou também o conhecimento sobre motores elétricos de corrente alternada e suas formas de especificação, que envolve a teoria de máquinas e o procedimento de seleção de um motor para cada tipo de aplicação e solicitação. Esse tema envolveu intrinsecamente as normas ABNT, que fundamentam a construção e instalação de elevadores para que sejam concebidos projetos com a maior segurança possível. O grande desafio de projetar um elevador comercial é captar, compreender e enquadrar todo o projeto nas condições das normas vigentes bem como na solicitação do cliente.

A análise prévia do design proposto foi fundamental para a determinação das dimensões iniciais dos perfis metálicos, tendo como premissa atender a norma (NBR 8800). Neste sentido a determinação da velocidade e da capacidade dos elevadores de um edifício é feita através do seu Cálculo de Tráfego. Os componentes mecânicos como cabos de sustentação e polias são críticos e vitais na construção de um elevador. Portanto foram compilados todos os cálculos conforme as normas vigentes (NBR NM 207 e NBR NM 313).

Os cabos de suspensão e as polias são componentes críticos e vitais na construção do elevador, por isso, condicionamos o fator de segurança igual à 12 (PROTEC – Projetista de Máquinas).

A capacidade de dimensionar e projetar um elevador aborda a teoria e a prática da engenharia, permitindo ter a noção da necessidade e importância do engenheiro mecânico nestes projetos. Por fim, este projeto nos auxiliou a encarar o mercado de trabalho, pois a execução de um projeto exige muito envolvimento e conhecimento visto sua complexidade e a quantidade de procedimentos, normas e literaturas envolvidas.

### REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR NM 207**. Elevadores elétricos de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT. **NBR NM 313**. Elevadores de passageiros - Requisitos de segurança para construção e instalação – Requisitos para acessibilidade de pessoas, incluindo pessoas com deficiência. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT. **NBR 5665**. Cálculo do tráfego nos elevadores. Rio de Janeiro, 1983.



ABNT, **NBR 8400**. Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro, 1984.

ABNT. **NBR 12892**. Elevadores unifamiliares ou de uso restrito à pessoa com mobilidade reduzida - requisitos de segurança para construção e instalação. Rio de Janeiro, 2009.

ASTM. **A572 / A572M-15**. Standard specification for high-strength low-alloy columbium.

CIMAF. **Manual técnico de cabos**. Cimag Cabos de responsabilidade. Osasco. 2014.

PROENZA, Francisco. **Projetista de máquinas**: pro-tec. 1997.

WEG. **Catálogos de motores e redutores WEG**. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motorredutores/Motorredutores/c/BR\\_WCES\\_GEAREDMOTORS#](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Motorredutores/Motorredutores/c/BR_WCES_GEAREDMOTORS#). Acesso em: 15 maio 2021.



**ENERGIA SOLAR: REDUÇÃO DE CUSTO COM ENERGIA RENOVÁVEL**

**SOLAR ENERGY: COST REDUCTION WITH RENEWABLE ENERGY**

**José Nilton Cantarino Gil<sup>1</sup>**  
**Deivid Delfino Guimarães<sup>2</sup>**  
**Marcelo Victor de Lima Oliveira<sup>3</sup>**  
**Marco Antônio Teixeira<sup>4</sup>**

**RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um projeto básico de um sistema de geração fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica para uma sorveteria localizada no município de Barra Mansa, convertendo a economia gerada em redução do valor pago na própria conta de energia. Foi feita a revisão bibliográfica onde abordando os principais tópicos do tema, as normas estabelecidas pela ANEEL que determinam os requisitos do projeto, os dados de irradiância e temperatura local para o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos e do inversor de frequência do sistema. Após dimensionado o projeto, foram estimados os dados de energia elétrica gerada em comparação com as estimativas de consumo finalizado com o cálculo do tempo de retorno do investimento para realização do projeto.

**Palavras-Chave:** Fotovoltaica. ANEEL. Irradiância Solar

**ABSTRACT**

This paper aims to develop a basic project for a photovoltaic generation system connected to the electricity distribution network for an ice cream parlor located in the municipality of Barra Mansa, converting the generated savings into a reduction in the amount paid on the energy bill itself. A bibliographical review was carried out, covering the main topics of the subject, the standards established by ANEEL that determine the project requirements, the irradiance and local temperature data for the dimensioning of the photovoltaic modules and the frequency inverter of the system. After dimensioning the project, the electricity generated data were estimated in comparison with the final consumption estimates with the calculation of the payback time for the Project.

**Keywords:** Photovoltaic. ANEEL. Solar Irradiation

---

<sup>1</sup> Docente – Curso de Engenharia Elétrica– Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ - E-mail: jnilton@ubm.br

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: deivid@superonda.com.br

<sup>3</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: marcelo.pch@outlook.com

<sup>4</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: marcoantonio\_vn@hotmail.com.

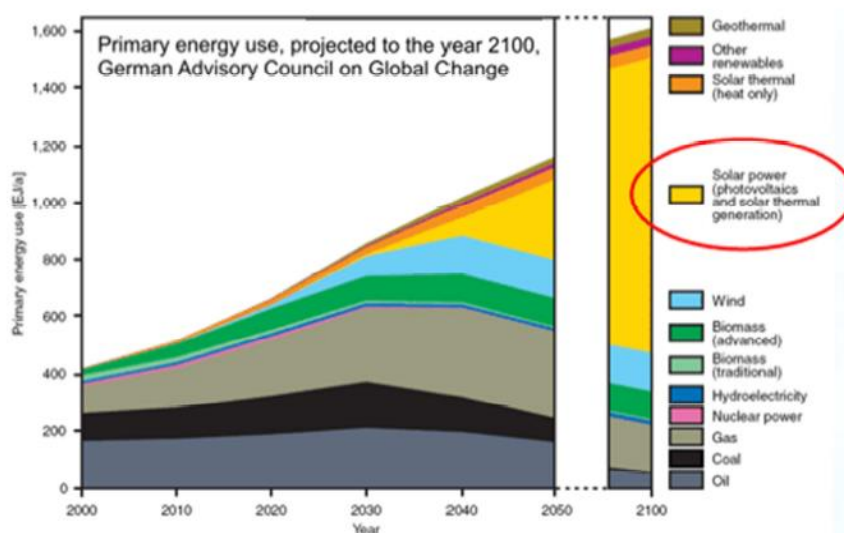


## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil devido sua geografia, unida a uma grande bacia hidrográfica possui um dos maiores potenciais de geração de energia hidráulica do mundo, além de ser um grande consumidor de acordo com a ANNEL – 2016, no Brasil, a principal fonte de geração de energia elétrica é a hidráulica, em seguida encontra-se a geração térmica. Através da busca por novas alternativas de energia renováveis, o nosso objeto de pesquisa é a energia solar, fotovoltaica. O Sol fornece anualmente para a atmosfera terrestre  $1,5 \times 10^{18}$  kWh de energia, o que corresponde a 10.000 vezes o consumo mundial de energia neste período (CRESESB, 2006), o primeiro grande desafio para esse tipo de energia é a variabilidade da radiação solar devido a inúmeros fatores como a alternância de dias e noites, total de horas de exposição de raios solares, topografia, geografia, período de passagens de nuvens e chuvas além das estações do ano o que influi diretamente no clima do local.

As projeções para a matriz energética do futuro realizadas pelo instituto WBGU – *German Advisory Council on Global Change* - apontam a energia solar, fototérmica e fotovoltaica, como uma das melhores e mais promissoras fontes de energia alternativa (Figura 1).

Figura 1: Projeção da matriz energética mundial



Fonte: GERMAN ADVISORY COUNCIL ON GLOBAL CHANGE (2010).

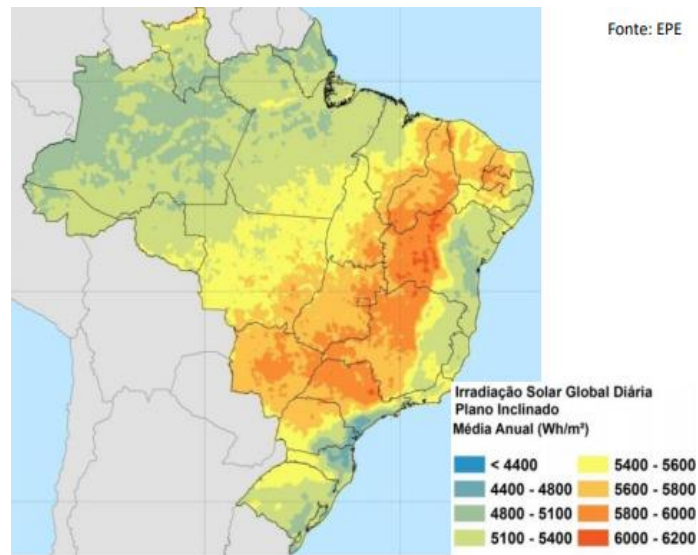
Na figura 1 podemos perceber que a geração fotovoltaica em 2100, representada em amarelo, é esperada de ser a fonte de energia com maior contribuição para a matriz energética mundial.

O potencial de geração energético solar brasileiro é bem relevante se



considerado a países pioneiros ou referências nesse tipo de fonte energética como a Alemanha que possui uma das maiores capacidades geradoras instaladas e hoje é a 4ª no ranking mundial, atrás de China, Japão e EUA respectivamente. A conversão de energia solar fotovoltaica apresenta elevado potencial no Brasil, onde a irradiação média diária está entre 4,8 e 6,0 kWh/m<sup>2</sup> por dia. Na Alemanha, país que possui a maior capacidade instalada em energia fotovoltaica, a máxima irradiação diária não ultrapassa 3,2 kWh/m<sup>2</sup> (COMERC, 2016). Abaixo conseguimos visualizar o mapa médio de radiação solar no Brasil através do mapa de Irradiação Global Diária (EPE, 2018).

**Figura 2: Mapa de Irradiação Solar Global Diária**



Fonte: EMPRESE DE PESQUISA ENERGÉTICA (2018)

A figura 2 mostra que o Brasil tem uma excelente média de irradiação solar em todo o seu território, e podemos notar que nossa região possui média anual de mais de 5000 Wh/m<sup>2</sup>.

Uma vez identificado a grande possibilidade de geração de energia fotovoltaica em nosso país veio a necessidade de regular todo o processo para não gerar um crescimento desordenado e irresponsável das instalações geradoras de energia sejam elas micro ou mini geradoras, estabelecendo as normas de acesso de geração de energia solar ao sistema de distribuição elétrica além da criação da forma de compensação do consumo da energia elétrica utilizada, e ela veio através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANNEE), a partir da resolução 482/2012. Com ele o



cliente nos quais os intervalos de consumo, demanda, for menor que a energia gerada em seu sistema fotovoltaico ganha “crédito” na sua fatura mensal, o que após sua publicação gerou um aumento significativo e real do crescimento das fontes geradoras de energia solar no Brasil.

Desta forma, se torna essencial projetar de uma forma bastante particular a instalação desse sistema focado em cada local para o melhor aproveitamento da eficiência da tecnologia do equipamento responsáveis pela conversão de energia solar para energia elétrica.

Diante de tudo apresentado, este trabalho tem o objetivo de projetar um sistema de geração energética fotovoltaica, obedecendo e em conformidade com as regras e normas dos órgão envolvidos, realizando uma pesquisa detalhada do recurso solar disponível onde se encontra a instalação, com foco em atender até cem por cento da carga instalada para exercer as atividades de fabricação de uma sorveteria, além de seu consumo básico com iluminação e eletrodomésticos convencionais, situada na cidade de Barra Mansa.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

A instalação do sistema fotovoltaico em uma sorveteria de 120 m<sup>2</sup>, com salão, cozinha e 2 banheiros será feita no telhado da sorveteria. O sistema fotovoltaico que será dimensionado será dimensionado de forma que venha a suprir 100% da demanda.

### **2.1 USO DAS CARGAS**

A energia solar gerada através dos módulos fotovoltaicos será aplicada para todo o circuito elétrico desde lâmpadas e equipamentos que são utilizados na sorveteria.



**Tabela 1: Dados das cargas instaladas**

Item	Equipamentos	Quantidade	Potência (w)	Potência Total (w)
1	Lâmpada LED	15	12	180
2	TUG	17	900	15300
3	Notebook	1	30	30
4	Máquina de Cartão	1	15	15
5	Roteador	1	9	9
6	Alarme	1	20	20
7	Geladeira	1	500	500
8	Freezer	8	370	2160
9	Batedeira	2	200	400
10	Liquidificador	2	300	600
11	Microondas	1	1500	1500
12	Cafeteira	1	600	600
13	Fogão Elétrico	1	3000	3000
14	Ar Condicionado	2	1600	3200
<b>TOTAL DE CARGA INSTALADA (W): 27514</b>				

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Freezer: Utilizado para manter os sorvetes na temperatura ideal, no total existem 8 freezers de 370 w cada. Eles funcionam 24 horas.

Geladeira: Utilizada para manter as bebidas na temperatura ideal, com apenas 1 geladeira de 500w. Ela funciona durante 24horas.

Lâmpadas externas e internas: são utilizados no total de 12 lâmpadas de 12 w, com uso diário de aproximadamente 6 horas.

Tomada de uso geral (TUG): são instaladas para serem utilizadas a qualquer momento e de forma geral e são 17 tomadas.

Batedeira: Utilizado na fabricação dos sorvetes, tendo 2 batedeiras de 200w cada. Elas funcionam em média 3 horas diárias.

Liquidificador: Utilizado na fabricação de sorvetes, tendo 2 liquidificadores de 300w cada. Eles funcionam durante 2 horas diárias.

Micro-ondas: Utilizado para uso interno. Com 1 micro-ondas de 1500w. Fica em funcionamento aproximadamente 20 mim por dia.

Ar-Condicionado: Utilizado para manter o ambiente com a temperatura agradável, com 2 unidades de 1600w. Eles ficam ligados 12 horas diárias.

Notebook: utilizado para parte administrativa da soverteria, notebook de 30W, funciona em média 6 horas por dia.

Máquina de cartão: funciona em média 8 horas por dia e com potência de 15W.

Roteador: utilizado para disponibilizar sinal de internet na sorveteria, funciona 24 horas e tem potência de 9W.

Alarme: com potência de 20W e funciona em média 10 horas por dia.





Cafeteira: tem apenas uma com potência de 600W, funciona em média 1 hora por dia.

Fogão elétrico: tem apenas um com potência de 3000W, funciona em média 2 horas por dia.

### 2.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo da energia elétrica é calculado pela quantidade consumida pelo tempo que o equipamento permanece ligado, esse tempo é dado em horas.

De acordo com o livro Instalações Elétricas (Hèlio Creder) esse consumo é dado pelo somatório dos produtos consumidores, de acordo com a fórmula abaixo:

$$P_{consumido} = \sum_{n=1}^N P_n \times t_n \times D_n$$

Onde:

$P_n$  – Potência nominal do produto;

$t_n$  – tempo de utilização;

$D_n$  – período de dias que fica ligado

Gráfico 1: Consumo em kwh



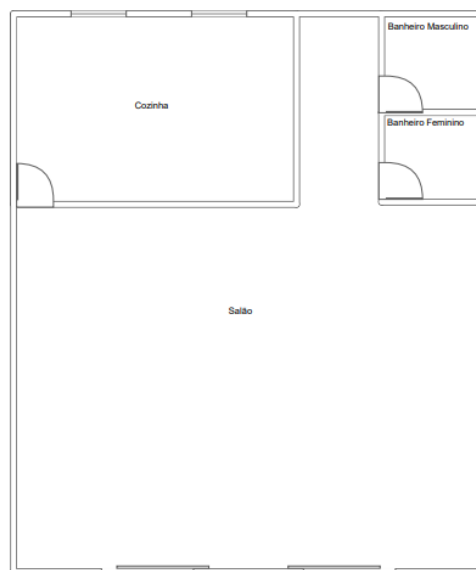
Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Com base no gráfico, podemos ver que o consumo médio é de 1797,92kwh/mês, que será utilizado para nossa base de cálculo.



### 2.2 PLANTA BAIXA

**Figura 3: Planta Baixa da sorveteria**



**Fonte:** Elaborada pelos Autores (2021)

A figura acima é da planta baixa da sorveteria que tem 10 metros de largura, 12 metros de comprimento e 120m<sup>2</sup>. O inversor do sistema fotovoltaico será instalado no final do corredor que dá acesso ao banheiro masculino e feminino.

### 2.3 ESCOLHA DO SISTEMA

O Sistema Fotovoltaico escolhido é o ON GRID, tem como vantagem não utilizar baterias e preço mais acessível. A energia gerada que não for utilizada será injetada na rede, gerando créditos para futuro consumo.

### 2.4 IRRADIAÇÃO SOLAR MÉDIA

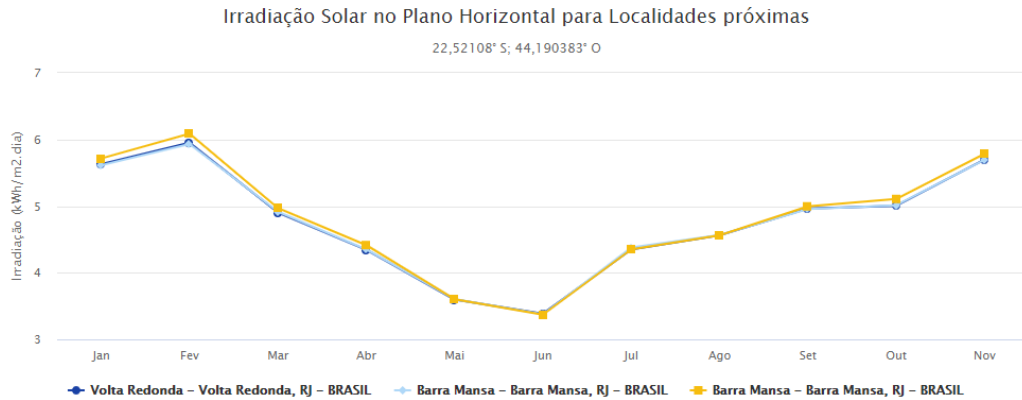
Através das coordenadas geográficas (latitude 22.521079961906313 e longitude 44.190382860667455), foi possível localizar o potencial energético solar no local onde será instalado o sistema. Foi utilizado o software SunDate, ele calcula a irradiação solar diária média mensal, esse software foi desenvolvido por CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito).



Gráfico 2: Irradiação solar média no município de Barra Mansa-RJ

Latitude: 22,52108° S  
Longitude: 44,190383° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta				
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez	
✓	Volta Redonda	Volta Redonda	RJ	BRASIL	22,5° S	44,149° O		4,9	5,63	5,95	4,90	4,35	3,60	3,39	3,43	4,35	4,56	4,96	5,01	5,70	4,65	2,56
✓	Barra Mansa	Barra Mansa	RJ	BRASIL	22,5° S	44,249° O		6,5	5,61	5,93	4,92	4,35	3,60	3,38	3,42	4,38	4,57	4,96	5,01	5,69	4,65	2,55
✓	Barra Mansa	Barra Mansa	RJ	BRASIL	22,601° S	44,149° O		9,9	5,72	6,09	4,97	4,42	3,60	3,37	3,46	4,35	4,56	5,00	5,11	5,79	4,70	2,72



Fonte: CRESESB (2021)

O potencial energético da irradiação solar médio anual no endereço de instalação do sistema solar é de 4,65 kwh/m<sup>2</sup>, valor que é mostrado na figura acima que foi dimensionado através do software SunDate da CRESESB.

### 2.5 PERDAS DO SISTEMA

Considerando todas as perdas mencionadas, a capacidade instalada, a produção de energia final e a máxima teórica, é possível avaliar a taxa de desempenho real (do inglês, Performance Ratio–PR) do sistema fotovoltaico. Estudos apontam que as taxas de desempenho dos sistemas fotovoltaicos podem variar de 60 a 90%, sendo que valores abaixo de 70% são avaliados como baixos e acima de 80% considerados bons (MAIRON et al., 2005) Porém, o estudo Reich et al., (2011) indica a possibilidade de sistemas fotovoltaicos com valores de PR acima de 90% em um futuro próximo.

### 2.6 POTÊNCIA TOTAL DO ARRANJO FOTOVOLTAICO

(Energia geração dia) / (HSP x Eficiência de conversão em virtude das perdas)

Potência total do arranjo fotovoltaico =  $(1797,92 \div 30) \div (4,65 \times 75\%)$

Potência total do arranjo fotovoltaico = 17,17 kWp

A energia que será produzida em condições ideais é de 17,17 kWp, a unidade Wp é de watt-pico, unidade de medida utilizada para painéis fotovoltaicos e o k é de kilo, valor que é multiplicado por 1000.



### 2.7 QUANTIDADE TOTAL DE PAINÉIS

Potência total do arranjo fotovoltaico / Potência de cada Painel fotovoltaico

Quantidade de painéis =  $(17,17 \times 10^3 \text{ w}) \div 405\text{w}$

Quantidade de painéis = 42,4 Unidades

A escolha dos painéis deve sempre ser levado em consideração a área disponível para a instalação.

Dimensão de cada módulo (mm) = 2015x996x35mm

A área da sorveteria é de 120 m<sup>2</sup>, os painéis serão instalados no telhado da sorveteria, o local tem tamanho suficiente para instalação dos 48 painéis fotovoltaicos.

### 2.8 ESCOLHA DO INVERSOR

A escolha do inversor deve estar dentro da tolerância de 20% do valor da potência total do arranjo fotovoltaico

Será utilizado o inversor MODELO STRING SIW500H-ST015

O cálculo de produção média de energia para implementação da unidade geradora fotovoltaica foi baseado na irradiação média regional, na carga instalada no estabelecimento e na média de consumo em kWh. Para a montagem do arranjo fotovoltaico nas condições ideais de inclinação e orientação seria necessário a montagem de uma infraestrutura em cima do telhado para sustentar as placas fotovoltaicas.



**Tabela 2: Portfólio do Inversor String SIW500H-ST015**

Especificações técnicas	SIW500H - ST015
<b>Eficiência</b>	
Eficiência máxima	98,65%
<b>Entrada</b>	
Tensão de entrada máxima	1.080 V
Corrente máxima por MPPT	22 A
Faixa de tensão MPPT em máxima potência	160 V ~ 950 V
Número máximo de entradas	4
Número de rastreadores MPPT	2
<b>Saída</b>	
Potência ativa CA nominal	15.000 W
Tensão de saída nominal (F/NF)	220 V (F-N) / 380 V (F-F), 230 V / 400 V, 3F+N+PE
Frequência de rede CA nominal	50 Hz / 60 Hz
Corrente de saída máxima	25,2 A
Fator de potência ajustável	0,8 LG ... 0,8 LD
Distorção harmônica total máxima	<3%
<b>Proteção</b>	
Seccionadora no lado de entrada	Sim
Proteção anti-ihamento	Sim
Proteção contra polaridade CC invertida	Sim
Monitoramento de falha de string no arranjo PV	Sim
Supressor de surto CC	Sim
Supressor de surto CA	Sim
Monitoramento da isolação	Sim
Deteção de corrente de fuga	Sim
<b>Comunicação</b>	
RS485	Sim
USB	Sim
<b>Geral</b>	
Dimensões (L x A x P)	525 x 470 x 262 mm
Peso	25 kg
Faixa de temperatura de operação	-25 °C ~ 60 °C
Grau de proteção	IP65
Consumo interno noturno	<1 W
Topologia	Sem transformador

Fonte: Weg.net

Essa infraestrutura aumentaria o investimento inicial do projeto e esteticamente ficaria inviável. A melhor opção para a montagem do arranjo fotovoltaico foi aproveitar a própria estrutura do telhado da que não apresenta a inclinação e orientação ideal para o melhor rendimento das placas fotovoltaicas. Para suprir as perdas devido as condições de inclinação e orientação do telhado optou-se por aumentar a quantidade de placas fotovoltaicas de 43 para 48 (de acordo com o software radiosol) já que havia espaço suficiente para o arranjo e esteticamente atenderia as necessidades do proprietário. A unidade geradora de energia elétrica, para este estudo de caso tem potência instalada total de 17,17 kWp distribuída em 48 módulos de 405 Wp (Watts-pico) utilizando como fonte de geração a radiação solar. O complexo gerador foi conectado à rede de baixa tensão de distribuição de forma monofásica seguindo instruções da norma técnica da concessionária e por meio de instalações da unidade



consumidora. Os módulos estarão dispostos em 2 fileiras de 24 placas, (onde as placas estarão em circuito misto, sendo dois grupos de placas em paralelo contendo cada grupo 24 placas em série entre si). A unidade consumidora está interligada à rede de distribuição em conexão trifásica 220 V.

### 2.9 RESULTADO

Após o dimensionamento foi realizado um levantamento de custo do projeto para atender a demanda do local com o levantamento de todo material, mão de obra e documentações pertinentes para melhor entendimento de sua viabilidade.

**Tabela 3: Orçamento do serviço**

Tipo.	Descrição	Qty.	Unidade	Valor unit.	Valor Total
MATERIA-PRIMA	INVERSOR STRING SIW500H-ST015	1	unidade	R\$ 20.000,00	R\$ 20.000,00
MATERIA-PRIMA	MODULO SOLAR TALLMAX TSM405 DE15M	48	unidade	R\$ 900,00	R\$ 43.200,00
MATERIA-PRIMA	STAUBLI CONECTOR MC4 320016P0001-UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	48	unidade	R\$ 12,50	R\$ 600,00
MATERIA-PRIMA	STAUBLI CONECTOR MC4 32.0017P0001-UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO	48	unidade	R\$ 12,50	R\$ 600,00
MATERIA-PRIMA	CABO SOLAR NEXANS 51740 ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 V DC) PRETO - MULT. 25 METR.	100	Metro	R\$ 15,90	R\$ 1.590,00
MATERIA-PRIMA	CABO SOLAR NEXANS 52776 ENERGYFLEX BR 0,6/1KV (1500 VDC) VERMELHO - MULT. 25 METR.	100	Metro	R\$ 15,90	R\$ 1.590,00
MATERIA-PRIMA	STRING BOX ECOSOLYS PJ063-17 1000V 32A 01 OU 02 ENTRADAS/ 01 SAIDA C/FUSIVEL	1	unidade	R\$ 930,00	R\$ 930,00
MATERIA-PRIMA	MEDIDOR DE ENERGIA TRIFÁSICO BIDIRECIONAL	1	unidade	R\$ 365,50	R\$ 365,50
RECURSO HUMANO	MONTADOR	5	homem-hora	R\$ 15,00	R\$ 75,00
RECURSO HUMANO	AJUDANTE	5	homem-hora	R\$ 10,00	R\$ 50,00
RECURSO HUMANO	PROJETISTA	3	homem-hora	R\$ 25,00	R\$ 75,00
RECURSO HUMANO	GASOLINA/DIESEL DO TRANSPORTE	20	lt	R\$ 6,50	R\$ 130,00
RECURSO HUMANO	ALIMENTAÇÃO	4	diária	R\$ 50,00	R\$ 200,00
RECURSO HUMANO	ENGENHEIRO ELETRICISTA OU ELETROTÉCNICA PARA APROVAÇÃO DA ART	1	unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
IMPOSTO	PAGAMENTO ART E HOMOLOGAÇÃO	1	unidade	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
MARGEM DE LUCRO	COBRADO 10% DO VALOR TOTAL				R\$ 7.520,55
TOTAL:					R\$ 82.726,05

Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

De acordo com a lista de materiais na tabela 5, para execução da instalação temos como seus itens principais e de maior relevância o Inversor String SIW500H-ST015 no valor de R\$ 20.000,00, os módulos solares da marca TALLMAX TSM405 que serão utilizadas 48 unidades no valor de R\$ 900,00 cada totalizando R\$ 43.200,00, documentação no valor R\$ 5.000,00.

O valor do retorno para o investimento que será feito podemos avaliar alguns fatores tais como: o consumo mínimo mensal que fica em 100 kwh que antes era de aproximadamente 1798 kwh com valor da taxa de R\$1,14, o custo de manutenção 0,50% ao ano, a inflação projetada pela light de 6,74%, a inflação energética projetada de 10%, investimento concorrente de 12%, sabendo que após 20 anos de uso tem que ser feito a troca do inversor.



**Tabela 4: Valores Técnicos e Financeiros**

Características Técnicas		Características Financeiras	
Potência (Wp)	17.415	Preço do kWh ano	R\$ 1,14
Perdas (%)	25,00%	Degradação dos painéis (%a.a.)	0,80%
Radiação Solar (hsp)	4,65	Custo de Manutenção (%a.a.)	0,50%
Consumo Mínimo mensal (kWh)	100	Inflação Projetada (%a.a.)	6,74%
		Troca do inversor	20 anos
		Custo de Inversor no ano 20	R\$ 20.000,00

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Conforme mostrado acima para aplicação do projeto no Município de Barra Mansa de acordo com a operadora (Light), os padrões trifásicos possuem a taxa de disponibilidade de 100 kWh/mês, ou seja, mesmo que seja gerada acima do que é consumido torna-se obrigatória o pagamento da taxa. A degradação dos painéis é pequena, comprovando sua longevidade média de 25 anos de vida útil além do baixo custo de manutenção. Outro item que chama a atenção é o inversor com uma vida útil de utilização média de 20 anos conforme o fabricante.

**Tabela 5: Fluxo de caixa**

Ano índice	Geração Anual Estimada (kWh)	Geração Mensal Estimada (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Retorno Financeiro	Gasto Anual	Subtotal Anual	Total Acumulado	Gasto sem solar	Economia Anual	Economia Mensal
0	22.168,21	1847	R\$ 1,14	R\$ 25.271,76	-R\$ 84.507,68	-R\$ 59.235,92	-R\$ 59.235,92	-R\$ 26.639,76	R\$ 24.858,13	R\$ 2.071,51
1	21.990,86	1833	R\$ 1,18	R\$ 26.047,30	-R\$ 1.862,86	R\$ 24.184,43	-R\$ 35.051,49	-R\$ 27.468,65	R\$ 25.605,79	R\$ 2.133,82
2	21.813,52	1818	R\$ 1,23	R\$ 26.844,89	-R\$ 1.948,05	R\$ 24.896,84	-R\$ 10.154,65	-R\$ 28.321,67	R\$ 26.373,62	R\$ 2.197,80
3	21.636,17	1803	R\$ 1,28	R\$ 27.665,08	-R\$ 2.037,41	R\$ 25.627,67	R\$ 15.473,01	-R\$ 29.199,46	R\$ 27.162,05	R\$ 2.263,50

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Na tabela acima conseguimos verificar que já no 1º mês esse sistema irá uma economia “total” em relação à média dos meses anteriores, restando somente o pagamento da taxa de disponibilidade. Da mesma forma na coluna de total acumulado verificamos que o projeto vai se “pagando” através dos anos de utilização.



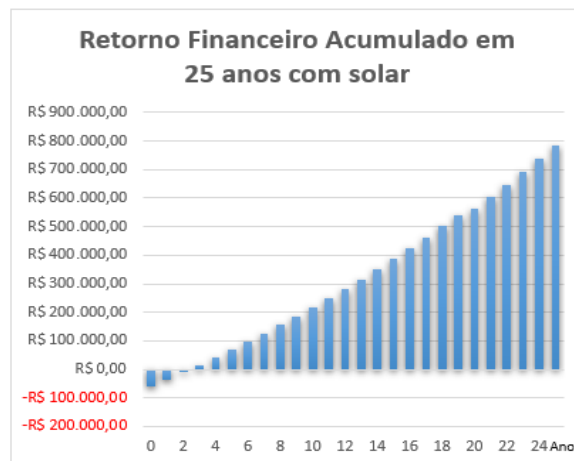
**Tabela 6: Resultado do investimento**

Resultados	
Valor do Investimento	R\$ 82.726,05
Economia já no Primeiro Mês	R\$ 2.071,51
Payback Ano	3
Economia Total Gerada	R\$ 947.733,21
Valor Presente Líquido	R\$ 153.618,88
Taxa Interna de Retorno	43,73%
Geração estimada diária (kWh)	54,66
Geração estimada mensal (kWh)	1662,62
Geração estimada anual (kWh)	19951,39
Valor estimado do kWh com solar	R\$ 0,22

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

De acordo com o valor investido, do gasto de manutenção e tarifas, o retorno do investimento será finalizado após 3 anos conforme a tabela.

**Gráfico 3: Retorno Financeiro Acumulado**



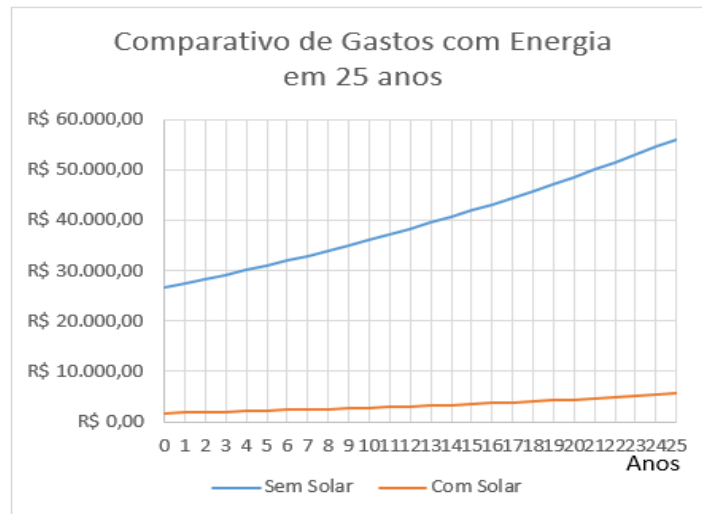
**Fonte:** Elaborada pelos autores (2021)

Como a vida útil média de um sistema fotovoltaico é de 25 anos o retorno financeiro projetado para essa instalação ao longo do período será de aproximadamente R\$ 2,35 milhões.





**Gráfico 4: Gasto acumulada com energia**



Fonte: Elaborada pelos autores (2021)

No comparativo ao longo do mesmo período utilizando a energia solar como sua principal geradora, o seu custo total seria de 8,4% do valor que seria pago pelo consumo energético convencional instalado no local, através da operadora.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma chegamos à conclusão que para esse ponto comercial com consumo médio mensal de 1797,92 kWh, conseguir gerar através de um sistema fotovoltaico o mesmo valor consumido, será necessário um investimento de R\$ 82.324,00. O retorno do mesmo já se dará ao fim do 1º mês após a instalação, com projeção de uma geração média de energia de 1662,92 kWh/mês e uma economia média de R\$ 2.071,68, o que restringirá o valor pago a constante mínima obrigatória exigida pela operadora de serviço da região (Light), algo em torno de 100kWh/mês, para o padrão instalado, que no caso é de alimentação trifásica.

O Payback projetado, retorno do investimento do projeto através da geração energética do mesmo em forma de bônus pela operadora, é após o 3º ano da instalação para sua amortização, cálculo esse levando em consideração que o projeto será realizado com recurso próprio, o que evita a inclusão dos juros do financiamento e conseqüentemente o aumento do tempo de retorno do investimento.

No caso específico desse projeto, o mesmo pode chegar a uma redução de aproximadamente 93% já na primeira conta após o primeiro mês de instalação do sistema.



**REFERÊNCIAS**

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 15 maio 2021.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 15 maio 2021

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Ranking das tarifas**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acesso em: 15 maio 2021

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Outorgas e registros de geração – Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp). Acesso em: 15 maio 2021

ANEEL. Companhia Paranaense. **Manual de eficiência energética na indústria**. 2018.

CRESESB. **Energia eólica: princípios e tecnologia**. 2008.

EPE. **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: produção e uso de energia**. 2016.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **PMO: evolução da capacidade instalada no SIN**. 2021

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **PAR/PEL 2021- 2025**. Extensão da rede básica de transmissão, 2020

SOLAR. **Quanto custa a energia solar fotovoltaica**. v. 9, 2017



**ENERGIAS RENOVÁVEIS:  
ESTUDOS SOBRE GERAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA**

**RENEWABLE ENERGIES:  
STUDIES ON THE GENERATION AND IMPLEMENTATION OF WIND  
ENERGY.**

**Danielle Silva Gonçalves<sup>1</sup>  
Mariana de Oliveira Freitas<sup>2</sup>  
Renan Silva de Oliveira<sup>3</sup>**

**RESUMO**

O artigo proposto tem como a apresentação do funcionamento da fonte de energia eólica, suas aplicações, utilização e como sua contribuição pode ser considerada sustentável para o meio ambiente, tendo em consideração que o vento é uma das fontes de energia renovável e inesgotável, concluindo que apesar de suas desvantagens e dos altos custos para desenvolvimento do projeto existe determinada viabilidade para o processo de geração, tendo crescimento e aplicação em empresas mundialmente conhecidas a tornando alvo de grande interesse entre os setores de comercialização energética.

**Palavras-Chave:** Engenharia Elétrica. Sustentabilidade. Energia Elétrica. Eólica.

**ABSTRACT**

The proposed article presents the functioning of the wind energy source, its applications, use and how its contribution can be considered sustainable for the environment, considering that wind is one of the renewable and inexhaustible energy sources, concluding that despite its disadvantages and the high costs for project development, there is a certain viability for the generation process, with growth and application in world-known companies, making it a target of great interest among the energy commercialization sectors.

**Keywords:** Electrical engineering. Sustainability. Electricity. Wind.

**1 INTRODUÇÃO**

A sustentabilidade tem estado em destaque em vários níveis econômicos no

---

<sup>1</sup> Acadêmica – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>2</sup> Acadêmica – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>3</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.



país, principalmente com o aumento do desmatamento e de queimadas que influenciam em todo ecossistema, a produtividade e o alto consumo da sociedade.

A demanda energética mundial está extremamente ligada às questões sustentáveis, pois tem relação com o uso de recursos naturais para sua produção. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética, em seu balanço final apresentado no ano de 2020, em 2019 o país atingiu em torno de 626,3 TWh na produção de energia, resultado 4,1% superior ao ano de 2018, a produção de energia eólica obteve um aumento de 48.475 GWh para 55.986 GWh com relação ao ano anterior, equivalente a um aumento de 15,5%. Já a geração hídrica, principal fonte de produção de energia nacional cresceu 2,3% com relação ao período anterior.

Em 2013, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criou uma norma resolutiva (REN), a 482/2012 para incentivar a geração de energias renováveis, com condições gerais para o acesso de minigeração e microgeração com distribuição aos sistemas de distribuição de energia elétrica e ao sistema de compensação de energia elétrica.

Dentre todas as fontes de energias renováveis, a energia eólica possui grande potencial no Brasil, principalmente na região nordeste e litorânea do país, sendo gerada através de aerogeradores, aeromotores, turbinas eólicas ou moinhos de vento, que partem do princípio da conversão da energia cinética contida nos ventos para energia elétrica, contribuindo para a produção de energia limpa e para a diminuição dos impactos ambientais.

Será abordado de forma abrangente os impactos sustentáveis, as mudanças obtidas, o processo de geração de energia eólica e a implantação tecnologicamente avançada.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

A energia eólica é considerada uma fonte de energia renovável e inesgotável, mas para se aprofundar sobre a mesma é necessário voltar nos primórdios dos tempos medievais em que utilizava-se a força mecânica dos ventos em moinhos e cataventos, através desses sistemas dos quais muitos fazendeiros utilizavam para a agricultura.

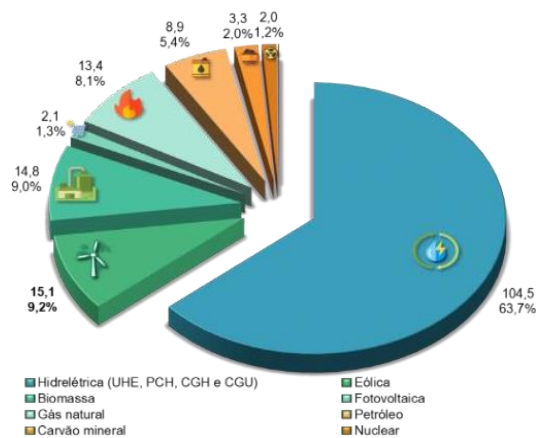
Além da energia eólica como fonte renovável temos também;



- Energia Solar: Obtida através do sol.
- Energia Hídrica: Obtida através de águas de rios.
- Energia Biomassas: Obtida através de matéria orgânica.
- Energia Geotérmica: Obtida através da energia do interior da terra.
- Energia Hidrogênio: Obtida através da energia química das moléculas.

Abaixo segue matriz de energia brasileira renovável e não renovável:

Figura 1 - Matriz energética brasileira



**Fonte:** MATRIZ energética brasileira. Disponível em: <https://www.epienergia.com.br/energia-eolica-e-a-segunda-fonte-mais-utilizada-no-brasil-para-geracao-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

As fontes de Energias renováveis possuem um fornecimento ilimitado ao longo prazo, eles são limitados em sua disponibilidade, por muitas vezes dependerem de questões de climatização. Já as fontes de Energia não renováveis são obtidas através da queima de combustíveis fósil.

Boa parte da energia do Brasil ainda é a obtida ainda através de rios e uma boa parte ainda utilizada de fontes não renováveis, sendo à grande parte da utilização em indústrias, veículos automotivos, trens, navios entre outros.

Conforme Fernandes (2012)

Com a crise ambiental formada devido as maiores formas de obtenção de energia estarem atreladas a fontes não- renováveis como o petróleo, gás natural, carvão, etc., o homem sente a necessidade vital do entendimento das formas de energia que têm o menor impacto sobre o meio ambiente. Estas são obtidas de fontes naturais capazes de se regenerar e que são virtualmente inesgotáveis como energia solar, biogás, hidroeletricidade, energia das marés, biomassa, gás hidrogênio e energia eólica (EE).



Sendo assim a energia eólica por ser obtida através dos ventos passa se considerada uma fonte limpa, pois a mesma gera menos impacto ao meio ambiente.

No século passado o a energia eólica era obtida por moinhos de ventos, o mesmo consistia em captar energia na utilização do vento que ao atingir uma hélice impulsiona uma bomba de sucção da água, para um reservatório, e depois utilizada na irrigação de plantações, aproveitando-se a força da gravidade (MOREIRA, 2009).

Além de sucção da água, os moinhos também funcionavam para moer grãos, forja ferro, produzir farinha entre outras funcionalidades.

**Figura 2 - Moinho de vento**



**Fonte:** MOINHO de vento. Disponível em:  
<https://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-royalty-free-moinho-de-vento-medieval-image26853896/> Acesso em:03 jul. 2021.

Com o passar do tempo as fontes de energia foram sendo substituídas. Registrou-se uma diferença no primórdio do segundo milênio relativamente às épocas mais recentes, em que antes as fontes energéticas, nomeadamente, o vento, a água e a combustão de materiais lenhosos tinham um domínio na produção de calor e da força motriz. Recentemente, no século XX, essas fontes tradicionais foram permutadas por novas fontes, como o carvão, o petróleo, o gás natural e a energia por desintegração controlada do átomo - nuclear, com singularidade nos países que se foram industrializando (GOUVEIA , 2013).

Com a alta dos combustíveis fósseis e com alto índice de poluição que os mesmos veem causando a alta emissão de gases liberado na atmosfera, tem gerado um grande impacto negativo ao meio ambiente e com isso a energia eólica voltou a se com tornar uma das fontes de energia mais econômicas e limpas.

A obtenção da Energia Eólica se dá através de aerogeradores vastas torres



com alturas entre 110 e 130 metros, com suas hélices que o material pode ser madeira, fibra de vidro, fibra de carbono, a instalação dos aerogeradores pode ser feita em solos amplos e possuem versatilidade que pode ser instalado em campos de agricultura e assim continuar o devido uso para agricultura já que sistema não é prejudicial ao solo, já nos solos instáveis é necessário fazer a estabilização antes da instalação.

A energia disponível varia conforme as estações e as horas do dia. O relevo influencia na distribuição e frequência dos ventos, bem com sua velocidade em um determinado local, dependendo, além disso, para o aproveitamento da energia eólica numa região, das características de desempenho, altura de operação e espaçamento horizontal dos sistemas de conversão. A avaliação do potencial de vento de uma região é fundamental e primeiro passo de análise para a utilização do recurso eólico (MOREIRA, 2009).

Os principais componentes de um aerogerador são:

- Turbina

As turbinas eólicas atuais são distinguidas pela orientação do eixo (rotor) com relação ao solo. Se o eixo do rotor se posiciona de forma horizontal no modelo hélice com três pás, este serão os mais utilizados para a geração de energia elétrica, pois são mais eficientes com relação aos outros modelos.

A turbina não possui capacidade para transformar energia cinética em mecânica mantendo a rotação do eixo constante, por isso, se fa

- Gerador
- Caixa Multiplicadora
- Sistemas de Controle
- Torre

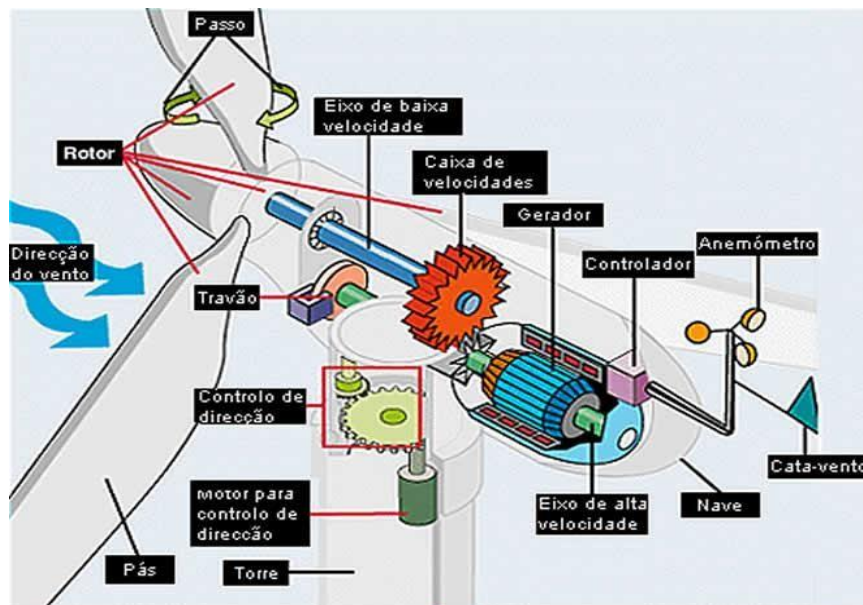
De acordo com o princípio de conservação de energia, considerando algumas perdas entre os processos, basicamente um aerogerador converte energia a partir de dois processos. Inicialmente a energia cinética do vento é transformada em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica que será distribuída para rede elétrica. (RAMPINELI; PICOLO; RUHLER, 2014).



O vento ao atingir as hélices transmite energia cinética sendo assim fazendo o movimento de rotação das pás, após esse movimento passa pela caixa multiplicadora, onde acontece a conversão da energia cinética recebida em mecânica gerada através do processo onde ela passa pelo rotor recebido na caixa multiplicadora que tem por finalidade de adaptar sua baixa frequência em alta frequência do qual tem a função de transmitir ao gerador.

A frequência do rotor está entre, aproximadamente, 20 e 150 rpm enquanto que a frequência dos geradores está situada entre, aproximadamente, 1000 rpm e 3000 rpm. Portanto, uma caixa de frequências (multiplicador) é geralmente colocada, nesses casos, entre o eixo do rotor e o eixo do gerador.

Figura 3 - Processo de geração de Energia Eólica



Fonte: PROCESSO de geração de energia eólica. Disponível em: <https://industria hoje.com.br/o-que-e-um-gerador-eolico/> Acesso em: 05 jun. 2021.

O princípio básico de funcionamento de um gerador consiste em uma turbina que produz um movimento de rotação em uma espira. Essa espira gira em torno de um eixo perpendicular à direção das linhas de força de um campo magnético que pode ser gerado por ímãs ou bobinas. Isso faz com que o fluxo do campo magnético através da espira varie com o tempo e então é produzida uma força eletromotriz induzida. (RAMPINELLI; PICOLO; RUHLER, 2014).

O vento por se tratar de um sistema fluido, pode escoar ao atravessar um corpo, sendo assim os anemômetros tem a função de captar essa força gerada, dá-se o

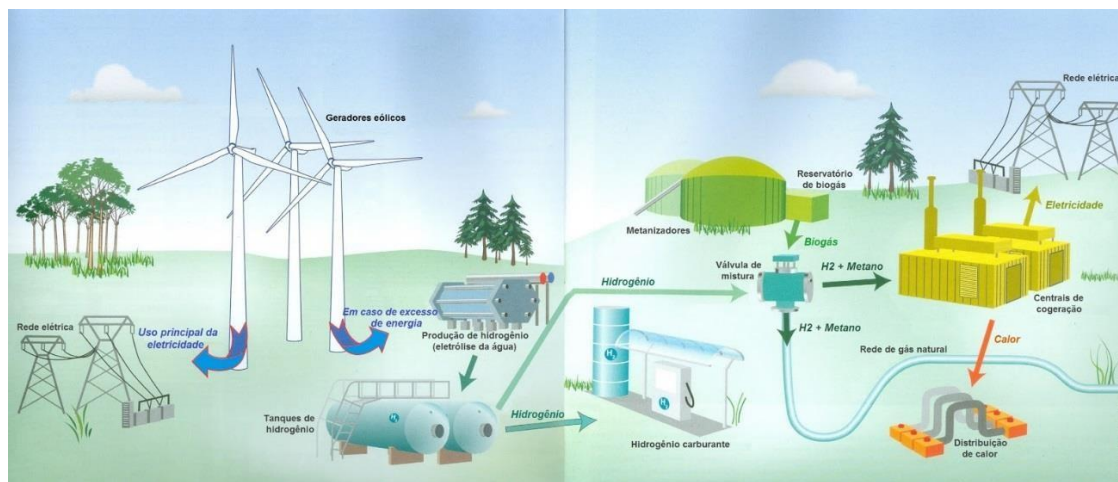




nome de força de arrasto, a força de arrasto da superfície é a força provocada pelas tensões de cisalhamento na superfície sólida causadas pela variação da velocidade ao longo das perpendiculares do corpo.

Após a energia mecânica ser transformada em energia elétrica, a mesma desce por fios pela torre e passa pela central de transmissão onde é realizada a distribuição nas redes e assim entregue ao seu consumo final.

**Figura 4 - Processo de Aproveitamento Eólico:  
Esquema de funcionamento da usina híbrida de Prenzlau, Alemanha**



**Fonte:** PROCESSO de aproveitamento eólico: esquema de funcionamento da usina híbrida de Prenzlau, Alemanha. Disponível em: <https://www.ofrioquevemdosol.com.br/2013/01/estocagem-de-energia-eolica-hidrogenio.html> Acesso em: 03 jul. 2021.

A imagem acima nos mostra como é funcionamento do armazenamento do excesso de energia eólica, conforme exemplificado acima a Industria Enertrag empresa alemã, faz a armazenagem desde 2011, a empresa conta com essa tecnologia de conversão do excesso de energia eólica produzida em hidrogênio.

As moléculas de  $H_2O$  ao entrar em contato pela energia gerada pelo vento resulta na quebra da corrente elétrica gerando assim gás de hidrogênio, processo chamado de eletrolise da água, esse gás que tem sido utilizado em muitas empresas automobilísticas como fonte de abastecimento para automóveis. Assim, em período de pouco vento o hidrogênio – previamente misturado com biogás, produzido em “metanizadores” – é queimado em centrais de cogeração, gerando eletricidade e calor (figura 6).



Montadoras como Toyota, Mercedes, Audi e Honda já estão utilizando esse método de abastecimento. O sistema de captação eólica possui uma ampla versatilidade, sendo possível sua reutilização com junções de outras fontes renováveis como fonte de abastecimento, calor e energia, sendo ambas, assim reestabelecendo um equilíbrio ecológico ao ambiente.

### 2.1 CUSTOS

Os custos relacionados ao processo de construção de uma usina eólica variam de acordo com a tecnologia utilizada, custos de instalação e outras incógnitas como, por exemplo, fundação, localização, transporte, redes de transmissão, quantidade de turbinas eólicas, altura do rotor, opção selecionada do gerador e também sistemas de controle.

A produção de energia eólica no país ainda precisa de muitos incentivos para evoluir, pois ainda se produz energia eólica em um dos países listados como de grande potencial energético de produção eólica com turbinas projetadas por outros países, onde há capacidade para alavancar as pesquisas tecnológicas e tornar o processo de desenvolvimento totalmente nacionalizado.

De acordo com FERNANDES, 2010, o investimento médio de desenvolvimento e implantação de turbina eólica + investimento médio de construção de subestação para distribuição de energia elétrica gerada + investimento médio anual para manutenção do sistema eólico: R\$3.000.000,00.

O BNDES maior banco de financiamento de energia advinda de fontes renováveis de energia, financia em torno de 70% a 80% do valor investido em construção de parques eólicos para empresas.

A ANEEL respalda o consumidor ativo que deseja adquirir um sistema de minigeração acima de 75 KW e menor que 3 MW ou microgeração de até 75 KW de potência instalada, de energia eólica com a resolução normativa 482/2012. Para os consumidores que tenham sistemas interligados com a concessionária de energia elétrica da sua região e receberam os créditos de energia excedentes podendo compensá-las na própria unidade consumidora em até 60 meses ou ainda em outras unidades consumidoras que se enquadrem em critérios preestabelecidos em empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou



autoconsumo remoto como define a REN ANEEL 687/2015.

O transporte dos equipamentos de uma usina eólica possui um alto custo, por serem robustos e de enormes proporções de tamanho, isso influencia altamente no custo do projeto de uma usina. De acordo com a ANEEL, parques eólicos menores que 30 MW deverão arcar com cinquenta por cento do custo de transporte.

## 2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

### 2.2.1 Vantagens

Devido às questões ambientais, começou a ser questionado o uso de novas tecnologias e alternativas que não impactassem o meio ambiente, mas a energia eólica, tão benéfica para alguns, ainda está motivando debates acalorados sobre a sua viabilidade e sustentabilidade.

O mercado de energia eólica tem potencial para garantir demandas por eletricidade, suprir necessidades econômicas, minimizar impactos ambientais e promover o desenvolvimento social de regiões.

Vantagens para a sociedade em geral

- É uma fonte inesgotável;
- Não emite gases poluentes nem gera resíduo;
- Reduz a emissão de gases que causam o efeito estufa, como o gás carbônico (dióxido de carbono) na atmosfera, sendo um dos gases que mais contribuem para o efeito estufa.

Vantagens para as comunidades onde se inserem os Parques Eólicos

- Os parques eólicos são compatíveis com outros usos e utilizações do terreno como a agricultura e a criação de animais;
- Criação de emprego;
- Geração de investimento em zonas desfavorecidas;
  - Benefícios financeiros (proprietários e zonas camarárias). Vantagens para os governos
- Reduz a elevada dependência energética do exterior, principalmente a dependência em combustíveis fósseis;



- Poupança devido à menor aquisição de direitos de emissão de CO<sub>2</sub> por cumprir o protocolo de Quioto e diretivas comunitárias e menores penalizações por não cumprir;
- É uma das fontes mais baratas de energia podendo competir em termos de rentabilidade com as fontes de energia tradicionais.

Vantagens para os promotores

- Não é necessário o abastecimento de combustíveis nos aerogeradores e requerem escassa manutenção uma vez que se precise atuar em sua revisão a cada seis meses.
- Excelente lucratividade de investimento. Em menos de seis é recuperado a energia gasta com a sua montagem, instalação e manutenção.

### **2.2.1 Desvantagens e Impactos ambientais**

- Ruídos
- Interferência Eletromagnética
- Colisão dos Pássaros
- Impacto visual e aceitação pública
- Limitação de Uso do Espaço Ocupado

## **2.2 GERAÇÃO DE ENERGIA E O MERCADO SUSTENTAVEL**

A determinação para a entrada pioneira do grupo Honda no mundo e do setor automotivo nacional foi motivada pelo compromisso da Honda Automóveis de reduzir o impacto ambiental de suas atividades. A Honda tem como objetivo em suas estratégias de negócios, solucionamento das mudanças climáticas, as questões energéticas e a utilização eficiente de recursos. Criada em resposta a meta global da marca de reduzir pela metade a emissões de CO<sub>2</sub> até 2050, a Honda Energy evitou a emissão de mais de 30 mil toneladas de gás carbônico na atmosfera desde 2014.

A Honda é a única empresa do setor automotivo nacional autossuficiente em energia renovável e também a obter o Certificado de Energia Renovável, cedido pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) e pela Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa (Abragel).



Sendo a primeira indústria com a iniciativa de construir um parque eólico para utilização própria, localizada na cidade de Xangri-lá no Rio Grande do Sul e supre toda a demanda de energia elétrica das unidades fabris, sendo em Sumaré (SP) e desde 2019, a segunda unidade produtiva de automóveis, em Itirapina (SP), além de atender também o escritório administrativo em São Paulo (SP). Considerando a média mensal de geração do parque, seria possível atender o consumo de 37 mil residências.

Pautada pela busca de soluções atento ao uso eficaz de recursos renováveis, a Honda optou pela energia eólica, que apresenta um dos menores índices de emissão de gás carbônico e é favorecida pela boa disponibilidade de ventos no país.

Com bons resultados, o parque eólico Honda Energy mostra que investir em inovação sustentável é a melhor maneira de respeitar o meio-ambiente, além de oferecer aos consumidores a oportunidade de contribuir, por meio de suas escolhas, com um futuro melhor para as próximas gerações.

**Figura 5 - Parque eólico da Honda energy (energia)**



**Fonte:** PARQUE eólico da Honda energy. Disponível em: <https://www.honda.com.br/institucional/honda-energy/> Acesso em: 03 jul. 2021.

Os equipamentos estão entre os maiores do Brasil. As torres têm 94 metros de altura e o ponto mais alto do conjunto alcança 150 metros. As 27 pás, por sua vez, possuem 55 metros e 15 toneladas cada.



Conforme pesquisas realizadas no site da própria empresa consta que está em operação 10 aerogeradores, sendo o último instalado em dezembro de 2020, conclui-se que o parque passa a contar com dez turbinas e uma capacidade instalada de 31,7 megawatts (MW), um aumento na capacidade de geração em torno de 11%.

Em estudo a nova torre, sua potência de geração é de 3,8 megawatts, 23% superior ao modelo dos demais aerogeradores, possui 112 metros de altura e está entre as maiores instaladas atualmente no Brasil. As pás medem 66 metros e, quando montadas, alcançam diâmetro de 136 metros. Esse conjunto é maior em relação aos demais e, em seu ponto mais alto, alcança 180 metros de altura.

Referência no cenário nacional de energia eólica, o parque eólico Honda Energy é a única operação de propriedade de uma empresa do setor automotivo. Com ele, a Honda alcança a autossuficiência em energia elétrica limpa e renovável.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base em todo conteúdo apresentado sobre energia eólica, vimos como a matéria prima, sendo ela o vento é transformada de energia cinética para energia mecânica e logo em seguida convertida para energia elétrica com um conjunto de equipamentos com uma enorme tecnologia aprimorada.

De acordo com as pesquisas elaboradas notamos que existe uma determinada abundância com relação aos ventos no país, mas ainda existe a necessidade de aumentar os incentivos para aumentar a competitividade tornando o projeto com custos menores por ser uma energia promissora e que está em ascensão no Brasil. Possui ampla versatilidade em seu uso com inúmeras vantagens, pode ser instalada próxima a áreas de plantio, pois não afeta o solo e reduz a emissão de gases tóxicos na atmosfera.

Como todo processo possui desvantagens, a energia eólica também possui, como por exemplo, a emissão de ruídos e a colisão de pássaros, mas já existem estudos para amenizá-los e ainda assim, possui menos impactos que outras energias.

Apesar de significantes desvantagens e dos altos custos para desenvolvimento do projeto ainda se torna um processo viável, com grande crescimento e aplicação em empresas de grande porte conhecidas mundialmente o que a torna alvo de grande



interesse entre os setores de comercialização energética, dado que o seu valor de investimento se dá proporcionalmente a sua capacidade de potência instalada.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: elaboração: referências. Rio de Janeiro, 2018.

ANDRADE, M. M. **Competências requeridas pelos gestores de instituições de ensino superior privadas**: um estudo em Curitiba e região. Metropolitana 2005. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, UTFPR. Curitiba, 2005.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482**. Brasília, 2012.

FERNANDES, Gabriel Assef. **Estudo de viabilidade técnico econômico para instalação de um sistema eólico**. UFPR. Curitiba, 2012.

GOUVEIA, Silva. **Construção de um parque eólico industrial**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA E GESTÃO. Kaspary, Jung. ISEL, 2013.

JAMBEIRO, Santos Pinto. **Energia eólica no Brasil**: evolução, desafios e perspectivas. UNIVASF, 2019.

KASPARY, Rosana Maria; JUNG, Carlos Fernades. **Energia eólica no Brasil**: uma análise das vantagens e desvantagens. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO. 2015. Disponível em: [https://www.inovarse.org/sites/default/files/T\\_15\\_430.pdf](https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_430.pdf) Acesso em: 12 jun. 2021.

MOINHO de vento. Disponível em: <https://pt.dreamstime.com/imagem-de-stock-royalty-free-moinho-de-vento-medieval-image26853896/> Acesso em: 03 jul. 2021.

MOREIRA JÚNIOR. **Formas alternativas de energia**: viabilidade técnica/econômica para produção de energia eólica, em grande escala, no nordeste brasileiro. UFL, 2009.

PARQUE eólico da Honda energy. Disponível em: <https://www.honda.com.br/institucional/honda-energy/> Acesso em: 03 jul. 2021.

PROCESSO de aproveitamento Eólico: esquema de funcionamento da usina híbrida de Prenzlau, Alemanha. Disponível em: <https://www.ofrioquevemdosol.com.br/2013/01/estocagem-de-energia-eolica-hidrogenio.html> Acesso em: 03 jul. 2021.



REIS, Lineu Belisco Dos. **Geração de energia elétrica**. 4.ed. São Paulo. Manole Ltda, 2011. Cap 5 - Sistemas eólicos de geração de energia elétrica. p.241.

SOMAR METEOROLOGIA. **Energia eólica**: como o clima interfere na geração de energia elétrica? Disponível em: <https://blog.somarmeteorologia.com.br/energia-eolica-como-o-clima-interfere-na-geracao-de-energia-eletrica/> Acesso em: 03 jun. 2021

SILVA, Alexander Marques; VIEIRA, Rogério Márcio Fonseca. Energia eólica: conceito e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira. **Revista Direito Ambiental**, 2016.





**ENSINO À DISTÂNCIA: UMA FERRAMENTA DE INCLUSÃO SOCIAL**

**DISTANCE LEARNING: A SOCIAL INCLUSION TOOL**

**Dener Martins dos Santos<sup>1</sup>**  
**Rogério Cleyton Ribeiro<sup>2</sup>**

**RESUMO**

A pandemia do COVID-19 que se alastrou desde dezembro de 2019, teve por consequência que todas as pessoas mundialmente mudaram as rotinas habituais. As sociedades em todos os setores buscaram alternativas para minimizar os impactos e levar conhecimento para os cidadãos. A educação a Educação à Distância (EaD) tomou conta dos debates e se apresentou como uma alternativa de qualificar as pessoas sem o convívio social. Este trabalho apresenta o resultado de uma pesquisa de bibliográfica e documental realizada no período compreendido entre agosto/2020 a julho de 2021. Os resultados indicaram que anteriormente a pandemia a população já buscava no EaD uma fonte de aprimoramento profissional, principalmente em pessoas com rotinas variáveis de horário que não dispunham diariamente de tempo fixo para realizarem suas próprias qualificações. Além disso, a evolução do EaD se consolidou ao presencial impulsionado, também, através dessa nova ordem social e se disseminou tanto nos setores públicos quanto privados.

**Palavras-chave:** Ensino à distância. Inclusão social e cultura

**ABSTRACT**

The COVID-19 pandemic that has spread since December 2019 has resulted in all people worldwide changing their usual routines. Societies in all sectors sought alternatives to minimize impacts and bring knowledge to citizens. Distance Education (ED) took over the debates and presented itself as an alternative to qualify people without social interaction. This paper presents the result of a bibliographical and documentary research carried out in the period between August/2020 and July/2021. The results indicated that, before the pandemic, the population was already looking for a source of professional improvement in distance education, especially in people with variable schedule routines who did not have a daily fixed time to carry out their own qualifications. In addition, the evolution of distance education was consolidated in the presence driven, also, through this new social order and spread both in public private sectors.

**Keywords:** Distance learning. Social inclusion and culture.

<sup>1</sup> Professor Doutor. Curso de Engenharia de Produção - Centro Universitário de Barra Mansa – (UBM) e Professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), RJ. E-mail: dener.martins@ubm.br

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia de Produção, do Centro Universitário de Barra Mansa – (UBM, participante do NUPIDE (Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias). E-mail: clynton\_rj@hotmail.com



### 1 INTRODUÇÃO

É preciso reforçar que muitas instituições de ensino, por consequência da pandemia do COVID-19, adotaram o formato de aulas presenciais remotas e que isso não é EaD, pois, quando foi decretado o isolamento social o tema foi polemizado confundindo àqueles que não tinham noção ou pleno conhecimento do que é esta modalidade de ensino. O perfil do aluno que busca conhecimento através do EaD possui características diferentes pois são cidadãos que, por muitas vezes, não possui tempo fixo diariamente para se dedicar aos estudos. Os cursos de EaD possuem dinâmicas diferentes pois são estruturados para que o aluno possa ter acesso tanto à cultura quanto conhecimento científico ao se respeitar essa variação rotineira de tempo livre (IRALA, 2019). Diante disso, foi de suma importância entender os diferentes grupos da sociedade e as peculiaridades que norteiam as pessoas que buscam essa modalidade de ensino (SILVA, 2017). Cabe ressaltar que os cursos de EaD, hoje em dia, são estruturados para aqueles que buscam conhecimento através de uma formação de nível universitária de graduação, especialização no formato de pós Lato Sensu, extensão, MBA e em alguns, e ainda poucos casos até pós-graduação Stricto Sensu; nas mais diferentes áreas do conhecimento.

#### 1.1 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa se alicerçou na necessidade de desmistificar e demonstrar como o EaD atua como uma ferramenta de evolução social do cidadão de acordo com as mudanças do mundo, e como estas os influenciam no mercado de trabalho mediante esta modalidade de ensino.

#### 1.2 MOTIVAÇÃO

Os cursos na modalidade de EaD abrangem diferentes perfis da população de acordo com o tipo de informação que esta ora busque; conforme descrito na introdução. Assim sendo para restringir a abordagem neste trabalho, e se manter um foco específico, esta pesquisa foi direcionada a curso de EaD de graduação na área de exatas.

Um curso de graduação sendo oferecido na modalidade EaD também guarda em sua essência o mesmo princípio daquele mesmo curso que por ventura seja



oferecido presencialmente. A metodologia de ensino e aprendizagem no curso na modalidade EaD guarda idêntica relação com os princípios éticos e morais observados nos presenciais. Ele proporciona uma relação de ensino-aprendizagem que atenda ao processo de construção de autonomia, de forma pluridimensional, que leve em consideração os pilares do conhecimento: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a conviver e aprender a ser.

O Projeto Político Pedagógico (PPP) do curso contempla além das atividades que se relacionem diretamente à formação na habilitação ou na ênfase do curso, as formas transversais de tratamento dos conteúdos que as DCNs (Diretrizes Curriculares Nacionais) e a legislação vigente exigem, tais como as políticas de educação ambiental; a educação em direitos humanos; a educação para a terceira idade; a educação em políticas de gênero; a educação das relações étnico-raciais e a história e cultura afro-brasileira, africana e indígena, entre outras.

## 2 METODOLOGIA

Esta pesquisa se desenvolveu integralmente de forma documental e bibliográfica para realizar a fundamentação teórica, para embasar as análises dos resultados encontrados. Esta pesquisa se desenvolveu entre os meses de agosto/2020 a julho de 2021.

## 3 ESTADO ATUAL DO EaD

Todos os processos educacionais hoje conhecidos são frutos de uma evolução do ensino que acompanhou toda a movimentação da história recente do homem. O EaD não foi diferente. Se for analisado os registros mais antigos dessa modalidade educacional e compará-la ao *modus operandi* em pleno século XXI se observa o quanto o EaD se modificou, acompanhando toda a evolução tecnológica experimentada e, agora, amplamente utilizada. Cabe ressaltar que o aluno para fazer um curso no formato EaD, deve possuir um equipamento compatível com a plataforma na qual o curso em EaD foi implantado. Outro fato importante consiste em não esquecer das pessoas portadoras de necessidades especiais que precisariam de auxílio para usufruir desse formato educacional. (MALANCHEN, 2007).

Um grande grupo da sociedade encontra-se a procura por aulas em EaD. Este ainda se relaciona a dificuldade de acesso físico as instituições, diferenças de custo e não possuírem horário específico diariamente para realizarem seus estudos devido,



principalmente, a rotinas de trabalho em escalas de trabalho variáveis. Enquanto que para um outro grupo pode ser meramente uma opção, devido a flexibilidade de horários e locais, fazendo com que o discente não precise estar necessariamente num local e horário para ter aulas. A versatilidade do EaD reside no fato de ser uma ferramenta educacional para quem necessita associar o aprendizado com as tantas outras responsabilidades cotidianas, o que faz do EaD ser sim a melhor opção. A partir dos avanços tecnológicos na área de tecnologia da informação (TI) muitas práticas laboratoriais são inseridas na dinâmica dos cursos no formato em EaD através de laboratórios virtuais. As perspectivas tridimensionais através dessa dinâmica contribuem para completar o ensino aprendizagem e uma formação holística do aluno (REIS, 2015).

Os indivíduos possuem o livre arbítrio para realizarem suas escolhas, e para àquela cuja filosofia é que a instituição não forma apenas o profissional, mas também o cidadão, então, a ausência de contato interpessoal, neste aspecto, reduz a troca de experiências entre os alunos, se caracterizando como um ponto ainda a ser mais bem explorado no EaD. As salas de bate papo que, normalmente são criadas para que os alunos possam postar suas dúvidas, às vezes, não possuem tempo de resposta *online*, uma vez que cada aluno faz o seu próprio tempo de estudo. (NUNES; SALVAGO; RUARO; 2017).

O EaD é uma ferramenta educacional na qual abrange um espectro de alunos não só na região circunvizinha da instituição na qual o curso neste formato está sendo oferecido. Ele alcança alunos de outras cidades, estados e até países que podem realizar todas as atividades. Mas, precisa ser observado que a tal flexibilidade não o isenta do cumprimento de suas obrigações relativas ao curso, o EaD exige disciplina, responsabilidade, comprometimento e dedicação ainda maior do que outras modalidades de aprendizagem. (BOKUMS; MAIA; 2018).

### 3.1 EAD NOS CURSOS DE ENGENHARIA

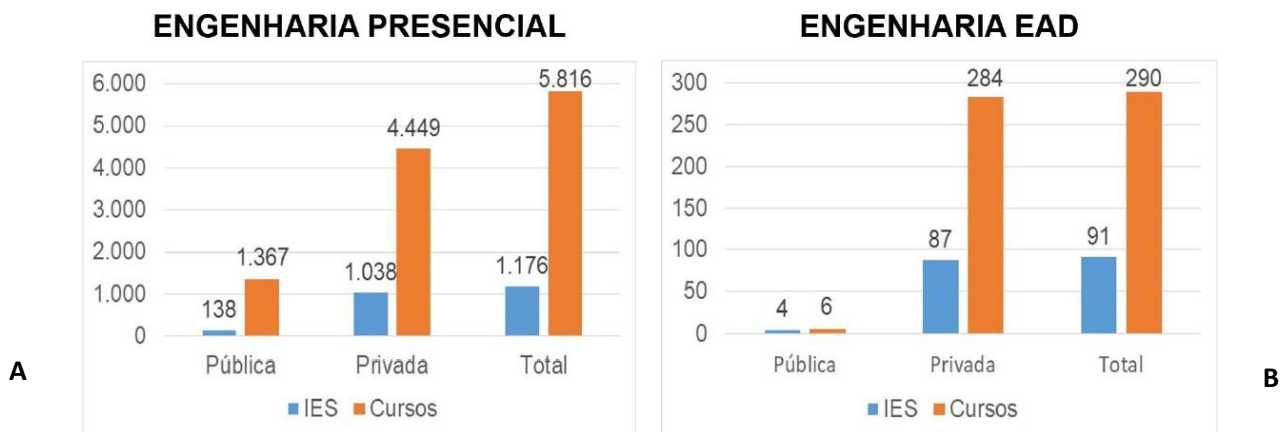
Historicamente, a primeira Escola de Engenharia do Brasil foi criada em 1792, a *Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho*, na cidade do Rio de Janeiro, e tem como sucessoras a Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e o Instituto Militar de Engenharia (IME). A segunda foi a Escola de Minas, criada em 1876, em Ouro Preto, sendo a única fundada durante o Império. Até a década de 1950 o Brasil continha apenas 16 instituições de ensino que continham um



total de 70 cursos de engenharia. A grande expansão dos cursos de engenharia no Brasil ocorreu a partir da segunda metade da década de 1990, que coincidiu com a edição da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/1996). (TELLES, 1984)

No ano de 2018, encontravam-se registrados no sistema e-MEC 6.106 cursos de engenharia, sendo 5.816 na modalidade presencial e 290 na modalidade EaD, com funcionamento em 1.176 Instituições de ensino Superior (IES). A figura 1 apresenta graficamente estes dados. Na figura 1A observa-se que a média é de quase 5 cursos de engenharia oferecidos por cada IES. Na figura 1B observou-se que a maioria dos cursos de graduação em engenharia oferecidos na modalidade EaD se encontram nas instituições privadas, sendo que a média é um pouco superior a 3 cursos por cada uma delas.

Figura 1: Evolução dos cursos de engenharia presencial e no formato em EaD no Brasil

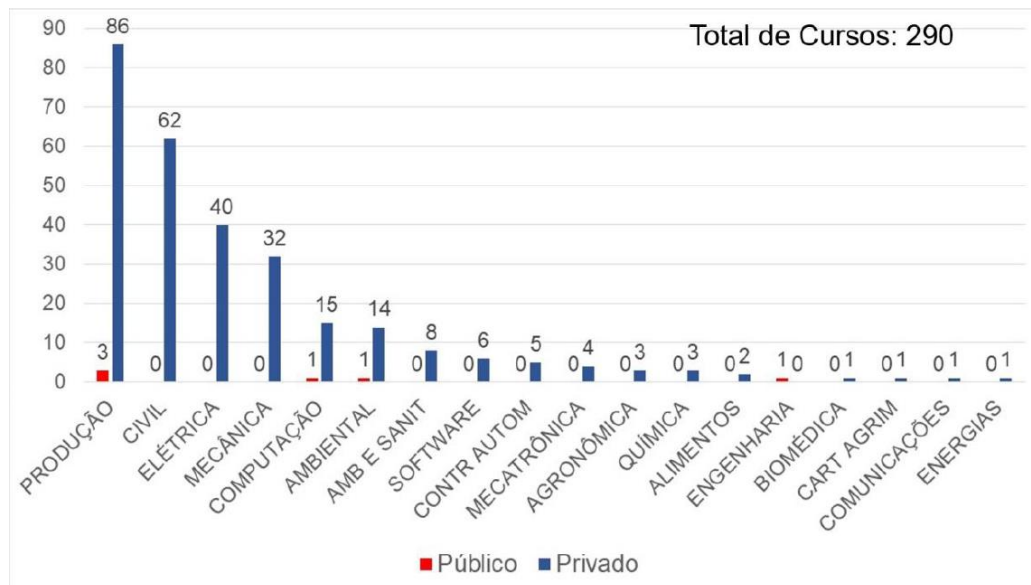


Fonte: OLIVEIRA (2018)

Dentre a totalidade atual de cursos de engenharia oferecidos na modalidade EaD observa-se que a área de engenharia de produção, consiste naquela em que há a maior oferta por parte das IES, seguida das áreas de civil, elétrica e mecânica. A figura 2 apresenta a distribuição desses 290 cursos ofertados na modalidade EaD por área específica dentro das engenharias. Embora estes 290 cursos de engenharia na modalidade EaD façam menos de 5% do total de cursos ofertados (presenciais e EaD), atualmente a modalidade EaD oferece cerca de 40% das vagas para Engenharia. Esta informação corrobora integralmente com a diretriz dos cursos na modalidade EaD, que possuem abrangência extra limites das fronteiras regionais, estaduais e continentais.



Figura 2: Habilitações do Curso de Engenharia EaD (Públicas e Privadas)



Fonte: OLIVEIRA (2018)

Desde a publicação da Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002, que estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia, verificou-se a maior expansão em termos de número de cursos e de áreas de abrangência da Engenharia (Tabela 1). Ao se considerar o número de cursos nas modalidades presencial e EaD, no final de 2001 e no final de 2018, verificou-se que houve um crescimento de 278% no setor público e 1.060% no setor privado, registrando-se o crescimento total de 692% no número de cursos conforme demonstrado na figura 1, 3 e 4; respectivamente.

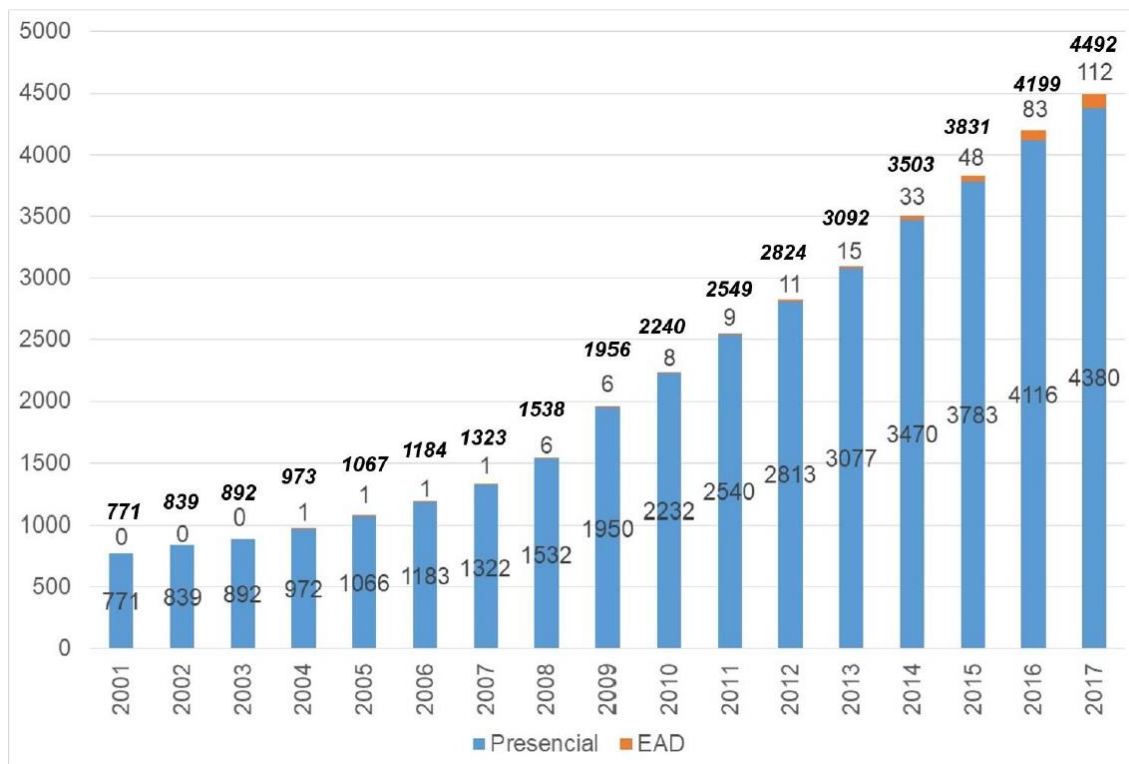


**Tabela 1: Habilitações ou Áreas do Curso de Engenharia**

Acústica	Computacional	Metalúrgica
Aeroespacial	Comunicações	Minas
Aeronáutica	Controle e Automação	Mobilidade
Agrícola	Elétrica	Naval
Agroindustrial	Eletrônica	Nuclear
Agronegócios	Energia	Pesca
Agronômica	Engenharia	Petróleo
Alimentos	Ferrovária	Produção
Ambiental	Física	Química
Aquicultura	Florestal	Sanitária
Automotiva	Fortificação e construção	Saúde
Bioenergética	Geológica	Segurança no Trabalho
Biomédica	Hídrica	Serviços
Bioprocessos	Industrial	Sistemas
Bioquímica	Informação	Software
Biosistemas	Inovação	Tecnologia Assistiva
Cartográfica	Manufatura	Telecomunicações
Cerâmica	Materiais	Têxtil
Civil	Mecânica	Transportes
Computação	Mecatrônica	Urbana

Fonte: OLIVEIRA (2018)

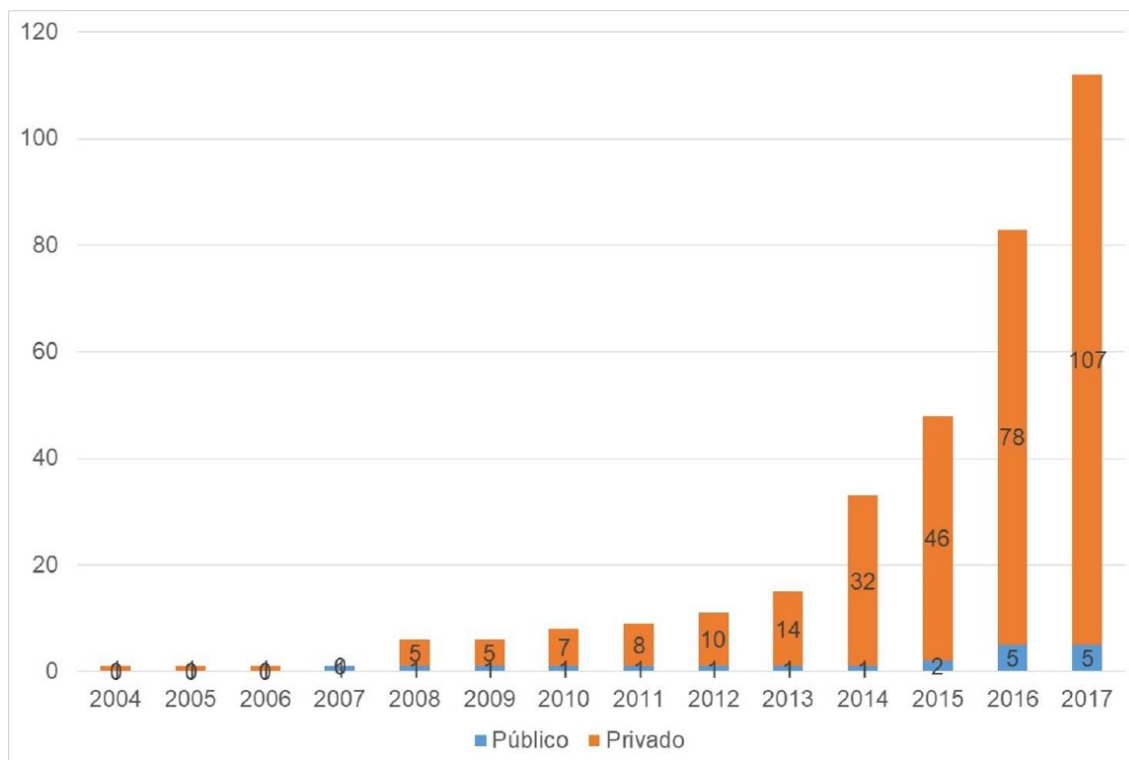
**Figura 3: Evolução do Número de Cursos de Engenharia (Presencial e EaD)**



Fonte: OLIVEIRA (2018)



Figura 4: Total de Habilitações EaD do Curso de Engenharia (Públicas e Privadas)



Fonte: OLIVEIRA (2018)

O oferecimento dos cursos de graduação em Engenharia na modalidade EaD iniciou-se após a publicação da Resolução CNE/CES nº 11/2002, sendo que o primeiro curso criado no país, nesta modalidade, de acordo com as Sinopses da Educação Superior do Inep (inep.gov.br), foi o curso de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do exposto foi observado o quão importante esta via de acesso a educação, o Ensino à Distância (EaD) tem começado a tomar seu papel para a sociedade moderna. Pois a cada dia, as pessoas possuem menos tempos diários para se qualificar profissionalmente devido as exigências e necessidades múltiplas que fazem as pessoas terem muitas atribuições cotidianamente.

Um fator que ainda limita o EaD para sua utilização em larga escala reside no fato de as pessoas necessitarem de ter um sistema de internet de qualidade e equipamentos compatíveis com as plataformas nas quais os cursos são ofertados. Contudo, como se tratar de uma ferramenta educacional que abrange pessoas de regiões, estados e até países diferentes, seu grande poder de disseminação faz com





que o custo operacional seja inferior se comparado àqueles cursos semelhantes ofertados presencialmente.

O EaD sendo disponibilizado para cursos de graduação, e em particular, nos cursos de engenharia como foi o foco deste trabalho, ainda hoje, se limita em poucas áreas específicas. Há grande potencial e um mercado a ser explorado com cursos de engenharia ofertados na modalidade de EaD. Observou-se que nos últimos quatro (04) anos, houve um grande impulso e oferta nesta área. O curso de engenharia de produção conforme demonstrado, trata-se daquele que possui o maior potencial de ser ofertado nesta modalidade se comparado com as demais áreas da engenharia, possivelmente devido as suas próprias características estruturais desta vertente. E, também, que as instituições privadas possuem maiores adequações estruturais para a oferta de cursos no formato EaD na área de engenharia.

### REFERÊNCIAS

BOKUMS, Raquel M. e MAIA, Jusselma F. Educação a distância (EaD) no Brasil: uma reflexão a respeito da inclusão social. **Revista UnilaSalle**, Canoas, p. 99–111, n. 38, ago., 2018, ISSN 2238-9024. Disponível em: <http://revistas.unilassale.edu.br/index.php/Dialogo>. Acesso em: 20 jul. 2021.

IRALA, Juliana. **A educação a distância como Instrumento de Inclusão Social**. 2019. <https://www.desafiosdaeducacao.grupo.com.br/educacao-a-distancia-inclusao-social/>. Acesso em 24 jul. 2021.

MALANCHEN, Júlia. Inclusão social por meio da EaD: realidade ou ilusão? **Revista Ideação**, UNIOESTE, v.9, n. 1, p. 135 – 146, 2007. Disponível em: [e-revista.unioeste.br/index.php/ideação/article/view/3963/3970](http://e-revista.unioeste.br/index.php/ideação/article/view/3963/3970). Acesso em 22 jul. 2021.

NUNES, Pérciles S.; SALVAGO, Blanca M. e RUARO, Thaís C. Inclusão e acessibilidade educacional via educação a distância (EAD). *In*: EMICULT, 3. Santo Ângelo, v. 3, ago., p. 1–15, 2017, ISSN 2447-8865.

OLIVEIRA, Vanderli F.; VIEIRA Jr., Milton; CUNHA, Gilberto Dias. **Trajetória e estado da arte da formação em engenharia, arquitetura e agronomia**. V. VII. Engenharia de Produção. Brasília: INEP/MEC, 2018, v.1. p.158.

REIS, Marcia. **EAD como instrumento de inclusão social**. ABED. p. 1–10. Disponível em: [https://www.abed.org.br/congresso2015/anais/pdf/BD\\_335.pdf](https://www.abed.org.br/congresso2015/anais/pdf/BD_335.pdf). Acesso em 21 jul. 2021.

SILVA, Michela M. da. **O processo de inclusão nos cursos de EaD**. UFERSA: ISSN 2359-5566, p. 166–178. Disponível em:



<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/includere>. Acesso 23/07/2021.

TELLES, Pedro C. S. **História da engenharia no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC., 1984.



**ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS: Um ESTUDO DE VIABILIDADE**

**SELECTING MAT FOR METALLIC AND NON-METALLIC MATERIALS: A FEASIBILITY STUDY**

**Augusto César Rodrigues Mendes<sup>1</sup>**

**Fernando da Silva Santos<sup>2</sup>**

**João Carlos Lopes de Araújo<sup>3</sup>**

**Rodrigo Barbosa de Castro<sup>4</sup>**

**RESUMO**

O atual cenário vem impondo cada vez mais que as empresas se adequem as novas demandas ambientais, no que tange o processo de tratamento de seus resíduos. As leis sobre resíduos sólidos delegam que as indústrias sejam responsáveis por todo o material por elas produzidos. Também que tem crescido a exigência do uso consciente dos recursos naturais utilizados, visto que eles são finitos. Dessa forma o setor industrial vem buscando alternativas para se adequar a essas novas necessidades, de tal forma que tais medidas não resultem em mais dispêndio financeiro, além do extremamente necessário. Para tal foi feito um levantamento teórico sobre o tema a fim de reforçar a importância da reciclagem par o setor industrial e uso de maquinários eletrônicos. Bem como o referencial teórico dos equipamentos para a possível construção de um protótipo de esteira seletora de materiais metálicos e não metálicos. Como resultado dessa busca referencial, é viável em termos econômicos, estratégico e operacional que se construa uma esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos.

**Palavras-chave:** Esteira Seletora. Reciclagem. Resíduos. Sólidos.

**ABSTRACT**

The current scenario is increasingly imposing that companies adapt to the new environmental demands, with regard to the waste treatment process. Solid waste laws delegate that industries are responsible for all the material they produce. Also, there has been a growing demand for the conscious use of the natural resources used, since they are finite. Thus, the industrial sector has been looking for alternatives to adapt to these new needs, in such a way that such measures do not result in more

---

<sup>1</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. mendessbr@icloud.com

<sup>2</sup> Professor – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. fernando.santos@ubm.br

<sup>3</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. jcaraujo584@gmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. rodrigobcastro@hotmail.com



financial expenditure, in addition to the extremely necessary. To this end, a theoretical survey was made on the subject in order to reinforce the importance of recycling for the industrial sector and the use of electronic machinery. As well as the theoretical framework of the equipment for the possible construction of a prototype of non-metallic selector belt. As a result of this reference search, it is economically, strategic and operational ly to build a selector belt of non-metallic metallic materials.

**Keywords:** Selector Mat. Recycling. Solid waste.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo do uso de máquinas e equipamentos capazes de substituir a mão de obra humana foi alavancado na sociedade a partir da Revolução Industrial. A partir de então foram gradativamente ocorrendo a substituição do trabalho artesanal pelo uso de maquinários cada vez mais modernos e automatizados (SILVA, 2020).

Com isso veio exigindo cada vez mais um papel atuante dos setores industriais no que tange a necessidade de se criar mecanismos que assegurem o uso correto e ambientalmente sustentável de seus insumos até o produto final destinado ao consumidor. Nesse contexto faz-se de extrema importância a alocação correta dos resíduos da produção. E uma das maneiras mais eficazes de se garantir esse destino correto é através da reciclagem. Pois essa permite a reutilização de grande parte desses resíduos em novos materiais (EIHARA; SILVA; SANTOS, 2014).

Atualmente, muitas empresas vêm trabalhando em mecanismos que tornem possível o processo de reutilização, mas com o mínimo de dispêndio financeiro. E uma das maneiras encontradas para tal empreendimento é através do investimento no uso de equipamentos eletroeletrônicos. Esses maquinários utilizam do mínimo possível da mão de obra humana. A exemplo tem-se a separadora de materiais, equipamento muito utilizado e difundido no meio industrial.

Diante desse cenário, o presente trabalho pretende discutir o seguinte tema norteador: Se é viável o uso industrial da esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma esteira capaz de separar por tipo de material metálicos de não metálicos com o mínimo de interferência humana através de comandos eletrônicos.



### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Analisar o atual cenário das empresas que utilizam das esteiras separadoras.
- Demonstrar as melhorias possíveis no processo de separação dos materiais por meio do uso de uma esteira automatizada por comandos eletrônicos.
- Apresentar os benefícios financeiros provenientes do uso dessa esteira separadora.

Não é praxe afirmar que a preocupação com o Meio Ambiente tem ganhado força no seio da sociedade e isso impacta diretamente no setor industrial através de leis e mecanismos que visam coibir práticas degradantes e incentivar uma gestão ambiental mais sustentável.

Diante dessa eminente conjuntura em que se tem consciência que as matérias primas são esgotáveis e o uso e descarte incorreto podem levar a impactos ambientais indesejados. Além de que o uso da esteira seletora contribui positivamente para a ergonomia dos trabalhadores envolvidos, devido a dispensa do serviço braçal (GOMES *et.al*, 2015). Sendo assim, o presente trabalho visa contribuir para otimizar o processo de separação de matérias de tal forma que diminua o uso de recursos humanos e conseqüentemente haja redução de erros, diminuição de riscos de acidentes de trabalho e custos da mão de obra. Ao mesmo tempo em que proporciona maior agilidade no processo em que se realizará por meio de comandos eletroeletrônicos.

O estudo do protótipo da esteira seletora envolveu diversas disciplinas estudadas durante o decorrer do curso. Isso nos desafiou em termos de manutenção e montagens, tanto do circuito elétrico, quanto das montagens mecânicas, no que tange o funcionamento da mesma.

## **2 ESTEIRA SELETORA DE MATERIAIS METÁLICOS E NÃO METÁLICOS: UM ESTUDO DE VIABILIDADE**

### **2.1 METODOLOGIA**

Conforme Gil (2008), a metodologia de pesquisa é o caminho pelo qual os pesquisadores escolhem seguir para realizar suas pesquisas. Ela determina o modo de apresentar os resultados a partir dos dados obtidos no período do estudo.



A metodologia desse estudo seguiu na perspectiva de primeiramente a realização da pesquisa do tipo exploratória, que segundo Silveira e Córdova (2009, p.35) pode ser definida como “o tipo de pesquisa que tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”. Sendo assim foi realizado o levantamento do referencial teórico através da leitura de periódicos, artigos, sites institucionais provenientes de fontes seguras de informações, monografias e teses para fundamentar e justificar o uso da esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos no setor industrial.

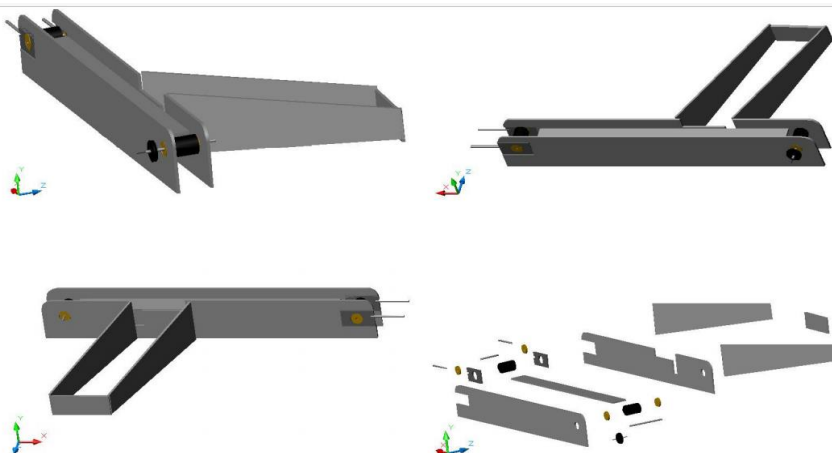
## 2.1 DISCUSSÕES

### 2.2.1 Funcionamento da esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos

Nesse capítulo discutiremos o funcionamento da esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos. O funcionamento ocorrerá da forma mais automatizada possível, de tal maneira que o funcionário/operador tenha um maior trabalho de supervisão do que de automatização. O processo se iniciará quando o operador apertar o botão on/off para iniciar o ciclo. O painel terá um Led verde para indicar que ele está energizado.

A carcaça da esteira é constituída de material MDF- (Medium-density fiberboard). Como pode ser visualizado na Figura 01.

**Figura 01: Modelo de esteira**



**Fonte:** BUENO; COSTA (2011)

A esteira possui dois roletes, cada um localizado em uma de suas extremidades, nos quais são os responsáveis pelo deslizamento da correia

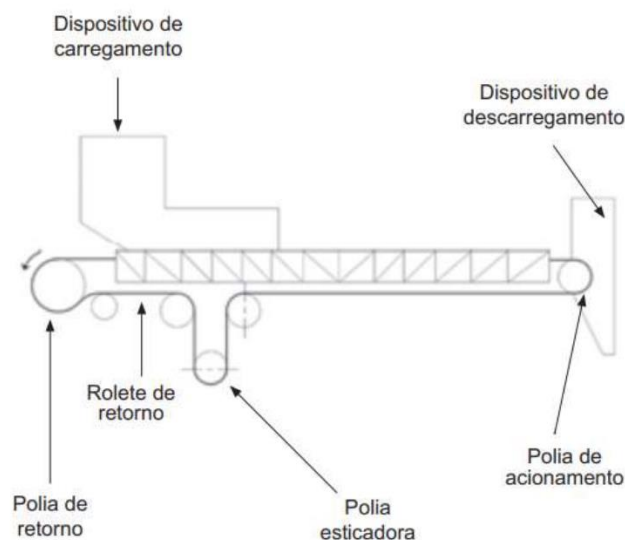


transportadora. Já o rolete localizado na outra extremidade é responsável por transferir o movimento do motor AC para a correia transportadora (BUENO; COSTA, 2011). Uma das partes essenciais de uma esteira é a polia de acionamento, também conhecida por tambor de acionamento. Esse tambor deve ser acoplado ao motor, permitindo a movimentação da lona da esteira (SOUZA *et al*, 2018).

De acordo com o modelo de esteira separadora de materiais recicláveis apresentado por Souza *et. al* (2018), calcula-se que desejavelmente o protótipo de esteira apresente 6 metros de comprimento para 1 metro de largura. Segundo esses autores essa especificação busca uma melhor adequação financeira quanto conforto dos funcionários, pois permite que os objetos sejam alcançados com maior facilidade.

Na Figura 02 está representada um modelo de esteira apresentado por Souza *et. al* (2018), na qual se assemelha ao proposto por nosso grupo de estudante.

**Figura 02: Modelo de esteira seletora**



**Fonte:** SOUZA *et al* (2018)

O motor de corrente alternada escolhido para movimentar a esteira, apresenta a capacidade de rotação em potência máxima de 1,2 cv e 200 RPM (rotações por minuto) na saída. De acordo com as especificações do motor foi possível calcular um torque necessário para o acionamento da carga, na qual os roletes com diâmetro de 200mm terão um limite de velocidade linear de 0,5m/s (SOUZA *et al*, 2018).



Basicamente o seu funcionamento da esteira dará por meio da programação do Arduino para que a esteira seja capaz por meio dos sensores detectar e separar os materiais metálicos de não metálicos. O sensor indutivo é o mais apropriado para a detecção do material metálico por possuir uma bobina ressonante que quando passa o objeto metálico emite uma onda eletromagnética capaz de identificá-lo (SOUZA et. al, 2018).

Enquanto os reles temporizadores permitirão a configuração do tempo para que os sensores desempenhem a tarefa de identificação e separação. Os disjuntores ligados a esse circuito irão desarmar o sistema e acender a luz vermelha de emergência, caso a corrente elétrica ultrapasse o limite crítico, configurando assim a parte automatizada do sistema operacional.

### **2.2.2 Viabilidade do uso da esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos**

O nosso grupo propôs o estudo de viabilidade do uso industrial de uma esteira capaz de separar materiais metálicos de não metálicos. A viabilidade, portanto, segue nas seguintes perspectivas de interesse do mercado industrial em utilizar equipamentos que facilitem o processo de reciclagem do metal e do ponto de vista operacional, pela esteira ser um equipamento de uso trivial na indústria:

1. As grandes empresas que trabalham com matérias primas advindas de materiais metálicos, como as metalúrgicas e siderúrgicas tem interesse em reutilizar essas matérias primas, pois significa economia de recursos hídricos, de produção e de processos se comparado a obtenção da matéria bruta.
2. Grande parte dos metais reciclados são de iguais qualidades se comparado a matéria bruta *in natura*.
3. As corporações investem-na Gestão Ambiental eficaz, pois esse é um dos temas mais latentes até o momento e contribui para a melhoria da imagem dessas empresas diante da sociedade.
4. A fabricação e montagem de uma esteira industrial é um processo relativamente fácil e possível aos profissionais da engenharia.
5. Os equipamentos elétricos necessários para a construção de um protótipo de esteira são encontrados no mercado de forma trivial, o que permite com pouco investimento financeiro e um pouco de conhecimento técnico a





construção da mesma.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho seguiu na perspectiva de demonstrar a viabilidade do uso de esteira seletora de materiais metálicos de não metálicos. Como resultado, foi visto que as grandes empresas, principalmente as metalúrgicas e siderúrgicas investem significativamente na reciclagem dos materiais metálicos. Uma vez que proporcionam economia de recursos hídricos, energéticos, processos fabris e ainda contribuem para a eficácia da Gestão Ambiental. Fato esses que respaldam o investimento em equipamentos, como no caso a esteira seletora, que sejam capazes de otimizar o processo da separação/ reciclagem.

Sobre a perspectiva do uso da esteira, apresentamos que elas contribuem para a automatização de processos, diminuem os riscos relacionados a saúde, ergonomia dos trabalhadores e diminuição dos erros humanos, diminuindo os custos empresariais provenientes ao afastamento de funcionários e insalubridades. Além de que é de fácil construção e os equipamentos elétricos necessários encontram-se disponíveis no mercado de forma trivial.

Entre os equipamentos necessários para a construção, como o Arduino e os sensores indutivos são peças fundamentais que contribuem para a automatização dos processos e diminuição da interferência humana no sistema operacional.

Sendo assim é extremamente viável que nós como eminentes engenheiros pensemos e idealizemos novas possibilidades e aperfeiçoamento de tecnologias para suprir as necessidades dessa fatia promissora de mercado. Foi pensando nisso o nosso grupo de estudos propôs a busca pelo referencial de um maior conhecimento teórico dos equipamentos elétricos necessários para a possível construção de um modelo de esteira seletora.

### REFERÊNCIAS

BUENO, Luciano; COSTA, Marco Aurélio da. **Automação de uma esteira seletora por meio de Cftv** Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica. Departamento Acadêmico de Eletrônica. Modalidade automação de Processos Industriais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.



EIHARA, Bruno Rafael; SILVA, Douglas Costa Lopes; SANTOS, Eduardo Ferro. Esteira para separação automática de material reciclado. **Revista de Gestão & Tecnologia**, v. 2, n. 1, 2014.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, Everaldo; CANDIDO, Ivo; OLIVEIRA, Jonathan; GUSTAVO, Marco; COVELLO, Otavio; HIGASHI, Rogerio. **Esteira seletora de recicláveis**. Centro Paula Souza, São Caetano do Sul/SP, 2015

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. A pesquisa científica. *In*: Gerhardt, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (orgs.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009 p. 31-42.

SILVEIRA, Hudson Fabricio Dias; DIAS, Mikaella Priscila Alves. **Dimensionamento, especificações e aplicação de disjuntores elétrico sendo o equipamento de proteção e manobra mais viável é utilizado**. Montes Claros MG: Faculdades Santo Agostinho FASA/ Engenharia Elétrica, 2018. Disponível em [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_disjuntores.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_disjuntores.pdf). Acesso em: 10 abr. 2021

SOUZA, F. S.; SANTOS, A. L.; ROMERO, F. F. C.; ANDRADE, G. G. **Projeto de uma esteira para separação automática dos materiais recicláveis**. Birigui/SP: Instituto Federal de São Paulo, 2018. (Agência financiadora: O programa Institucional de Extensão Grupo de Trabalho: GT 4 - Articulação de catadores de resíduos e Economia Solidária).



## ESTUDO DE CASO: GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FONTES RENOVÁVEIS

### CASE STUDY: ELECTRIC POWER GENERATION BY RENEWABLE SOURCES

Mauricio Xavier Pereira Junior<sup>1</sup>  
Marcelo Luiz de Carvalho Moura Moreira<sup>2</sup>

#### RESUMO

Antigamente a humanidade, em busca de meios de sobrevivência, progresso e aperfeiçoamento, se utilizava basicamente de dois meios de energia: termelétrica e hidrelétrica. O pequeno planeta azul precisando de tempo para se regenerar principalmente com o aumento populacional e o aumento da demanda elétrica, pede socorro. Na busca de evolução, as novas alternativas de fontes de energia viva vieram para ficar: solar, eólica e biodigestor. Encontram-se formas de utilização da água, sem a necessidade de grandes barragens e alteração dos fluxos fluviais. A humanidade precisa encontrar formas de um a um, pouco a pouco, devolver o que o planeta oferece, há milhões de anos. Balizado, nesta premissa, o projeto de conclusão de curso se baseia. O objetivo final é avaliar do ponto de vista elétrico todas as formas de energia que podem ser usufruídas em uma residência rio-clarense.

**Palavras-chave:** Fotovoltaico. Hídrico. Eólico. Biogás. Conceitual.

#### ABSTRACT

In the past, the humanity, searching for ways of survival, progress and improvement, used basically two means of energy: thermoelectric and hydroelectric. The small blue planet, needing time to regenerate, mainly with the population increase and the increase in electrical demand, calls for help. In the search for evolution, new alternative sources of living energy are here to stay: solar, wind and biodigester. There are ways to use water, without the need for large dams and changes in river flows. Humanity needs to find ways, one by one, little by little, to give back what the planet has been offering for millions of years. Based on this premise, the course completion project is based. The ultimate goal is to assess from an electrical point of view all forms of energy that can be used in a residence in Rio Claro.

**Keywords:** Photovoltaic. Hydro. Wind. Biogas. Conceptual.

---

<sup>1</sup> Acadêmico - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: mauricio.xavier@csn.com.br

<sup>2</sup> Professor - Curso de Engenharia de Controle e Automação - Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: moreiramarceloluiz@gmail.com



### 1 INTRODUÇÃO

O homem necessita, cada vez mais, de energia em todas as suas formas. A atual utilização de fontes energéticas fósseis responde por aproximadamente 97% da energia consumida no Planeta. Os hidrocarbonetos poderiam ser muito mais úteis e adequados na indústria química, em vez de serem simplesmente utilizados como combustíveis nos motores das máquinas.

Já é de nosso conhecimento que as reservas dos combustíveis fósseis são finitas, e não renováveis. Diminuem as reservas conhecidas, na proporção inversa do crescimento do consumo.

Com as previsões de exaustão das fontes baseadas nos hidrocarbonetos, a Ciência procura alternativas energéticas, no rico manancial oferecido pela natureza: recursos abundantes, limpos e renováveis.

Além disso, nas últimas décadas, o tema “meio ambiente” tem se tornado alvo cada vez maior de discussão, dado a grande dependência, em escala mundial, da energia gerada por combustíveis fósseis. Desta forma, buscam-se alternativas à geração de energia, hoje predominante, focadas na sustentabilidade e na utilização de fontes limpas e renováveis.

As fontes de energia renováveis mais conhecidas são: A energia eólica, a solar, a biomassa e a hidráulica.

A política das nações não-produtoras de petróleo, em relação às nações com rica ocorrência de bacias petrolíferas, e a constatação das consequências de sua utilização para o meio ambiente, forçaram a busca por fontes de energia renovável, com custos financeiros potencialmente mais baixos, nos médio e longo prazos.

No entanto, ainda que se tenha um crescimento de larga escala na geração de energias renováveis, a fonte da energia elétrica que chega até a sua casa não será de escolha do cidadão comum, ainda que este tenha suas preocupações com a preservação ambiental.

### 2 DESENVOLVIMENTO

O bairro da Fazenda da Grama, antiga Fazenda São Joaquim da Grama, está localizado no município de Rio Claro, ao sul do estado do Rio de Janeiro.



Foi uma notável propriedade, centro de intensa atividade, onde se reuniam as mais distintas famílias do Rio de Janeiro.

À rua Raul Pimenta, nº 314, está localizada a residência objeto deste estudo de caso.

Construída em um terreno de 1800 m<sup>2</sup>, em 1956, a residência é composta por 4 quartos, salas de estar e jantar conjugadas, cozinha, 2 banheiros sociais, área de serviço, lavabo externo e varanda, por toda a frente da casa, totalizando 170 m<sup>2</sup> de área construída.

Há, ainda, 1 garagem coberta, 1 pequena oficina e 2 canis, somando mais 30 m<sup>2</sup>, de área construída, à propriedade.

Para dimensionamento dos sistemas de geração de energia, não será considerado somente o consumo médio, medido pela concessionária e, sim, será calculada também a demanda necessária para atendimento aos objetivos, conforme priorização das cargas.

A residência, em questão, foi privilegiada em sua localização, havendo intensa luz solar em grande parte dos dias do ano, vento satisfatório, relativa produção de biomassa e um riacho, ao fundo.

### **Dados Levantados:**

Potência Demandada: 22,08 kW



#### IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

Foram levantados os principais equipamentos utilizados na residência, considerado somatório de suas potências e estimado um fator de demanda de 60% de utilização simultânea.

Item	Equipamentos	Quantidade	Potência (kw)	Potência total (KW)
1	LED 3W	53	0,00	0,16
2	LED 7W	24	0,01	0,17
3	LED 10W	4	0,01	0,04
4	LED 15W	4	0,02	0,06
5	LED 30W	2	0,03	0,06
6	TUG	40	0,08	3,20
7	TV 75"	1	0,25	0,25
8	TV 50"	1	0,11	0,11
9	TV 40"	2	0,08	0,15
10	PC	2	0,06	0,13
11	Ventilador	4	0,07	0,29
12	Geladeira	2	0,08	0,16
13	Máq Lavar	1	0,15	0,15
14	Modem	2	0,03	0,06
15	Ferro Elétrico	1	0,97	0,97
16	Secador	2	0,96	1,92
17	Liquidificador	1	0,21	0,21
18	Chuveiro	3	6,00	18,00
19	Ar Cond	3	2,60	7,80
20	Portão	1	0,61	0,61
21	Motobomba	2	1,10	2,32
Potência Ativa Instalada em KW				36,79
Potência Ativa Demandada em KW (F.D. = 0,6)				22,08



## IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

Consumo Médio Mensal: 366,67 kWh

Foram considerados, para levantamento da média anual, os primeiros 12 meses de moradia, dada a característica da residência àquela altura (4 moradores), nos períodos de abril de 2017 a março de 2018.

	Abr/17	Mai/17	Jun/17	Jul/17	Ago/17	Set/17	Out/17	Nov/17	Dez/17	Jan/18	Fev/18	Mar/18	Média
Consumo (kWh)	510	340	340	340	340	230	320	310	670	350	310	340	<b>366,67 kWh/mês</b>

Levantados, os dados necessários, foi calculada a média aritmética.

Intensidade Solar Média Mensal: 4,83 kWh/m<sup>2</sup>

A fim de se conhecer a Intensidade solar da região, foi consultada a página da LABREN. De acordo com a posição da localidade foram encontrados os valores mensais.

**Médias do Total Diário da Irradiação no Plano Inclinado para o Estado do RIO DE JANEIRO**

(Wh/m<sup>2</sup>.dia)

Mostrar 10 registros Procurar: 6734

ID	Lon	Lat	Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
6734	-44.049	-22.7005	4836	5105	5749	5106	4907	4358	4267	4278	5043	4766	4794	4610

Levantados, os dados necessários, foi calculada a média aritmética.

Velocidade Média Anual do Vento: 5,08 m/s

**Dados de Vento**

Latitude: 23° S  
Longitude: 44° O

Atlas do Potencial Eólico Brasileiro

Grandeza	Unidade	Dados de vento a 50 m de Altura				
		Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
velocidade média do vento	m/s	4,71	4,56	5,83	5,22	5,08
fator c		5,31	5,13	6,57	5,89	5,72
fator k		1,88	1,8	1,95	2	1,9
densidade de potência	W/m <sup>2</sup>	130	124	238	186	165

Velocidade Média Sazonal de Vento a 50 m de Altura [m/s]

Localidade: 23° S; 44° O

Para tomar conhecimento da Velocidade do vento, da região, foi consultada a página da CRESESB e, de acordo com as coordenadas da residência, foi possível identificar o potencial eólico do local.



## IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

Levantados, os dados necessários, foi calculada a média aritmética.

Vazão do Riacho: 0,467 m<sup>3</sup>/s

Foram medidas a largura do riacho (1,8 m), profundidade (0,65) e velocidade (0,394 m/s).

O cálculo da velocidade foi realizado utilizando um objeto leve, uma distância de 20 m e medido o tempo que o objeto percorria esta distância. Foram executadas 10 medições.

	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7	Medição 8	Medição 9	Medição 10	Média
Espaço	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m
Tempo	48 s	49 s	52 s	48 s	51 s	56 s	52 s	49 s	50 s	53 s	50,8 s
Velocidade	0,416 m/s	0,408 m/s	0,385 m/s	0,416 m/s	0,392 m/s	0,357 m/s	0,385 m/s	0,408 m/s	0,400 m/s	0,377 m/s	<b>0,394 m/s</b>

$$Vazão = largura * profundidade * Velocidade = 1,8 * 0,65 * 0,394$$

$$Vazão = 0,467 \text{ m}^3/\text{s}$$

Volume diário de biogás (VB/dia): 0,134 m<sup>3</sup>/dia

Para definição do rejeito foram considerados dejetos humanos e dejetos animais, nas proporções de 0,4 kg (ser humano maior de 16 anos), 0,2 kg (ser humano menor de 16 anos) e 0,3 kg (animal canino adulto de porte médio).

Conforme dados do IFC Araquari, 0,4 kg de dejetos humanos são capazes de gerar 0,0282 m<sup>3</sup> de biogás, portanto:

1 adultos = 3 x 0,282 = 0,0846 m<sup>3</sup> de biogás/dia; 2 menores de 16 anos = 0,0282 m<sup>3</sup> de biogás/dia;

1 cão adulto da raça Rottweiler = 0,02115 m<sup>3</sup> de biogás/dia

$$VB/dia = 0,0846 + 0,0282 + 0,02115$$

$$VB/dia = 0,134 \text{ m}^3/\text{dia}$$





Dado ao privilégio da localização da residência, serão apresentadas 4 alternativas de sistemas de geração de energia elétrica, sendo elas:

**Alternativa 1 - Energia Solar:**

Consumo Médio Mensal (necessidade): 366,67 kWh Potência total do arranjo fotovoltaico (P<sub>taf</sub>):

*Energia Gerada/dia*

$$P_{taf} = \frac{HSP * \text{Eficiência de conversão em virtude das perdas}}$$

366,67 kWh/mês

$$P_{taf} = \frac{30 \text{ dias}}{* 80\%} \frac{4,83 \text{ kWh/m}^2}$$

12, kWh/dia

$$\frac{P_{taf}}{3,864 \text{ kWh/m}^2}$$

$$P_{taf} = 3,16 \text{ kWp}$$

Quantidade de painéis solares necessários:

$$N^{\circ} \text{ painéis} = \frac{3,16 \text{ kWp}}{340 \text{ W}}$$

$$N^{\circ} \text{ painéis} = 9,29 \text{ painéis}$$



Portanto, a fim de que seja atendido o consumo médio mensal, serão necessários 10 painéis Solares de 340 W, oferecendo, então, pouco mais de 390 kWh/mês.

Para estimativa de investimento, foram considerados os equipamentos principais do sistema e estimado o percentual de 20% para montagem, sobre o seu valor total.

10 Painéis solares de 340 W - R\$ 8.000,00

14 baterias de 220 Ah - R\$ 17.000,00

1 Inversor de Frequência de 6 kW - R\$ 7.000,00 Montagem - R\$ 6.400,00

Total = R\$ 38.400,00

O tempo estimado para a montagem é de 6 dias.

### Alternativa 2 - Energia Eólica:

Consumo médio mensal (necessidade): 366,67 kWh/mês

Para fins de estimativa, foi considerado o Aerogerador Skystream Land.

Sendo a velocidade média do vento da localidade, a 50 m do solo, 5,08 m/s, é esperada a geração pouco inferior aos 400 kWh/mês, à 5,4 m/s, especificados.

Especificações técnicas	
✓	Diâmetro do rotor: 3.72 m
✓	Peso: 77 kg
✓	Vento para início de geração: 3.5 m/s
✓	Potencial nominal: 2.4 kW
✓	Velocidade nominal: 50 - 325 rpm
✓	Alimentação: Inversor 120-240 v, 50-60 Hz
✓	Sistema de Frenagem: Eletrônico com controle regulador
✓	Hélices: Moide triplamente injetado
✓	Vento nominal: 9.4 m/s
✓	Kilowatt Hora por Mês: 400 kW/mês* (5.4 m/s)
✓	Vento limite: 63 m/s (226 km/h)
✓	Vida útil: 20 anos, sem manutenção
✓	Certificações: UL1741, IEEE1547, IEC/EN 61000-3-2



Para estimativa de investimento, foram considerados os equipamentos principais do sistema e estimado o percentual de 20% para montagem, sobre o valor total dos equipamentos.

1 Aerogerador 400 kWh/mês - R\$ 32.000,00

14 baterias de 220 Ah - R\$ 17.000,00

1 Inversor de Frequência de 6 kW - R\$ 7.000,00 Montagem - R\$ 11.200,00

Total = R\$ 67.200,00

Tempo estimado para a montagem do sistema é de 15 dias.

### Alternativa 3 - Energia Hídrica:

Potência demandada: 22,08 kW Vazão do riacho: 0,467 m<sup>3</sup>/s

$$Potência\ demandada = 0,85 * Potência\ hídrica$$

$$22,08 = 0,85 * Ph$$

$$Ph = \frac{22,08}{0,85}$$

$$Ph = 25,98\ kg/m^3$$

$$Ph = \text{Altura da queda d'água}(h) * \text{Vazão do riacho}(Q) * \text{Aceleração da gravidade}(g) \quad 25,98 = h *$$

$$0,467 * 9,81$$

$$h = \frac{25,98}{0,467 * 9,81}$$

$$h = 5,67\ m$$



Para que seja possível suprir a necessidade de 22,08 kW demandados, à partir da vazão do riacho, será necessária uma queda d'água de 5,67 m.

Devido à impossibilidade de se criar uma queda d'água nas dimensões necessárias, em face à característica geografia do riacho, a alternativa apresentada foi considerada inviável.

### **Alternativa 4 - Energia Térmica:**

Volume de Biogás gerado (VB/dia): 0,134 m<sup>3</sup>/dia

$$VB/dia * 30 = VB/mês$$

$$VB/mês = 4,0185 \text{ m}^3/mês$$

De acordo com as informações levantadas no portaldobiogas.com/biogás, 1 m<sup>3</sup> de biogás é capaz de gerar até 6 kWh de energia elétrica.

$$Energia Gerada = VB/mês * 6 \text{ kWh}$$

$$Energia Gerada = 24,11 \text{ kWh/mês}$$













Portanto, com base nas informações supracitadas, a alternativa apresentada se mostrou ineficaz para atendimento à necessidade de 366,67 kWh/mês

Assim, como na alternativa anterior, tendo se mostrado inviável, não serão estimados o custo nem, tampouco o tempo de execução do empreendimento.

Diante do exposto que as alternativas de geração de energia hídrica e térmica por biogás se mostraram ineficazes, segue, abaixo, a tabela comparativa das demais alternativas, para escolha da possível a ser implantada:



## IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

	Geração de Energia Solar	Geração de Energia Eólica
<b>Investimento + Montagem (Peso 5)</b>	R\$ 38.400,00 	R\$ 67.200,00 
<b>Prazo Estimado para Montagem do Sistema (Peso 3)</b>	6 dias 	15 dias 
<b>Disponibilidade de Energia Renovável para o sistema de geração (Peso 4)</b>	solar, somente durante o período diurno. 	Disponibilidade de vento também durante o período noturno. 
<b>Estética do Sistema (Peso 2)</b>	Estética mais favorável, uma vez que o sistema deverá ser instalado sobre o telhado. 	Estética menos favorável, uma vez que o sistema estará sempre visível, em qualquer local de instalação. 
<b>Facilidade de Montagem (Peso 3)</b>	Montagem menos complexa. 	Montagem mais complexa. Possível necessidade de guindaste. 
<b>Mantenibilidade (Peso 3)</b>	Em caso de defeito em 1 dos Painéis Solares, ainda haverá geração de outro 9 Painéis. 	Em caso de defeito do Aerogerador, não haverá geração de energia elétrica. 

Com base nas informações, foi escolhida a Alternativa 1 - Geração de Energia Solar por se mostrar um sistema mais viável técnica e economicamente.



Escopo Macro:

- \* Engenharias Básica, Detalhada e de Instalação do Sistema;
- \* Fornecimento dos Equipamentos:
  - Painéis Solares, Banco de Baterias, Inversor de Frequência, Suportação, Infra;
- \* Montagem, Comissionamento e Partida de todo o Sistema.

A estimativa de investimento a nível conceitual é de R\$ 38.400,00. Esta, deverá ser refinada durante o projeto básico, contendo o orçamento final do(s) fornecedor(es) dos equipamentos e serviços.

Para a execução de todo o empreendimento, é estimado o prazo de até 11 semanas.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11
Projeto Básico	■										
Projeto Detalhado		■									
Aquisição de Componentes		■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Montagem										■	
Comissionamento e startup											■

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É considerada viável a Alternativa 1 - Geração de Energia Solar, em atendimento à necessidade do imóvel.

É recomendável seguir para o estudo de engenharia básica do empreendimento, a fim de refinar as informações e desenvolver o projeto básico, tornado mais assertivo o valor orçamentário a ser investido, bem como o tempo necessário para o retorno do investimento.

Os sistemas de produção de energia elétrica desenvolvidos neste trabalho foram todos da maneira off-grid. Há de se considerar, ainda, que uma vez que o endereço já possui instalação elétrica da concessionária, a tarifa mínima não deve ser levada em conta no cálculo de retorno, haja vista ser aconselhável o desligamento da ligação com a rede da distribuidora.



## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Alexandre de. **O papel das PCH's na economia catarinense.** Disponível em: <http://tcc.bu.ufsc.br/Economia292762.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BITENCORTE, Daniel Oliveira de. **Análise da viabilidade de um aproveitamento hidrelétrico a partir de estudos de concepção hidrológica.** Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/747>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ECOMAI. **Energia solar.** Disponível em: <http://www.ecomais.ind.br/energia-solar>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ELETROVENTO. Sobre energia eólica. Disponível em: <https://www.eletrovento.com.br/site/pagina/saiba-mais/sobre-energia-eolica/47/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ENERGIA E BIOGÁS. **Biometano, a energia que vem do campo.** Disponível em: <https://energiaebiogas.com.br/biometano-a-energia-que-vem-do-campo>. Acesso em: 10 abr. 2021.

GERMEK. **GKG - Grupo de Gerador Biogás (Agronegócio).** Disponível em: <http://www.germek.com.br/geracao-de-energia/gkg-grupo-de-gerador-biogas-agronegocio>. Acesso em: 10 abr. 2021.

CRESESB. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br/index.php#data](http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data). Acesso em: 10 abr. 2021.

LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. Disponível em: <http://labren.ccst.inpe.br/>. Acesso em: 10 abr. 2021.

NAZARO, Mariane Scheffer. **Desenvolvimento de um biodigestor residencial para processamento de resíduos sólidos orgânicos.** Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/166781>. Acesso em: 20 abr. 2021.



**ESTUDO DE VIABILIDADE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM  
APLICAÇÃO DE TECNOLOGIA LED PARCIAL NO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO  
DA UBM**

**ENERGY EFFICIENCY FEASIBILITY STUDY WITH APPLICATION OF PARTIAL  
LED TECHNOLOGY IN THE UBM LIGHTING SYSTEM**

**Henrique Mendes dos Reis<sup>1</sup>  
Marco Antônio Gabriel<sup>2</sup>  
Maxwell dos Santos<sup>3</sup>  
Raildo Gibson de Paula Silva<sup>4</sup>**

**RESUMO**

O uso de lâmpadas de LED em projetos de iluminação vem aumentando conforme os anos e trazendo uma economia enorme, toda essa economia e maior durabilidade diminuem os impactos ao meio ambiente e redução de custo, seja na redução da emissão de CO<sub>2</sub>, pois as lâmpadas convencionais geram calor e luz, e utilizam gases nocivos a saúde, as de LED geram muita iluminação e calor imperceptível, e uma redução no seu consumo energético, e vida útil superior, seja por reduzir a quantidade de lixo ou pela ausência de elementos prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente. Neste estudo, calculamos e comparáramos as características das lâmpadas para analisar e comparar qual a melhor iluminação ao Campus UBM, pois tem um grande número de lâmpadas, conseqüentemente com novas lâmpadas econômicas, estaria reduzindo a emissão de impurezas a natureza, e uma diminuição dos custos do campus.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. Consumo energético. Meio ambiente. Saúde humana. Redução de custo.

**ABSTRACT**

The use of LED lamps in lighting projects has been increasing over the years and bringing enormous savings, all this savings and greater durability reduce impacts on the environment and reduce cost, whether in reducing CO<sub>2</sub> emissions, because conventional lamps generate heat and light, and use harmful gauze to health, LED ones generate a lot of illumination and imperceptible heat, and a reduction in their energy consumption, and higher utilitarian life, either by reducing the amount of garbage or by the absence of harmful elements to human health and the environment. In this study, we calculated and compared the characteristics of the lamps to analyze and compare the best lighting to the UBM Campus, because it has a large number of lamps, consequently with new economic lamps, would be reducing the emission of impurities to nature, and a decrease in the cost of the campus.

<sup>1</sup>Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: hmreis90@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ.

<sup>3</sup>Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: maax.santos@hotmail.com

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: gibsonsilva699@gmail.com





**Keywords:** Energy Efficiency. Energy Consumption. environment. Human Health. Cost Reduction.

### 1 INTRODUÇÃO

O Estudo tem como objetivo comparar os tipos de lâmpadas, como solução para a substituição, para reduzir impactos ao meio ambiente com o consumo de CO<sub>2</sub> e a diminuição do consumo de energia, comparar a lâmpada atual com as de LED considerando alguns parâmetros físicos como a redução da quantidade e a viabilidade econômica.

Criando formas de equilibrar, reduzindo custo e melhorando a eficiência, maneiras de proporcionar uma qualidade e bem estar em questões como desenvolvimento sustentável, suas fontes de energia, seus danos, seus recursos naturais no âmbito de um meio ambiente sustentável, tendo em vista as informações anteriores é necessário encontrar maneiras de minimizar o consumo na matriz energética geradora.

Como a iluminação é uma grande parte do consumo energético do setor residencial e sendo o item mais próximo da população, são demonstradas formas de diminuir o consumo usando uma nova tecnologia que é o LED, desta forma busca-se ter uma iluminação eficiente, sem danos ambientais e principalmente com baixo consumo de energia.

E para o entendimento serão abordados os LEDs, uma breve explanação sobre outras tecnologias e a realização de um estudo comparativo visando a viabilidade econômica em substituir lâmpadas comuns pôr as de LED.

Para a comparação dos aspectos físicos serão utilizadas as lâmpadas: incandescente, fluorescente compacta e LED juntamente com os instrumentos de medições.

Serão realizadas as medições: da potência ativa e aparente, do fator de potência, eficiência luminosa e do fluxo luminoso. Os resultados alocados em planilha para posterior análise.

Todo processo possui formas de ser aprimorado em algum aspecto, produção de quantidade luminosa, consumo de energia, custo em matéria prima, eficiência, durabilidade entre outros, reduzir número de poluentes devido ao tempo de troca das lâmpadas, assuntos importantes citados se popularizaram com a Eco-92 no Rio de



Janeiro.

O CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono em conjunto com o metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) são os principais agentes agravadores do aquecimento global. (INSTITUTO CARBONO BRASIL, 2014).

Nesse estudo analisamos uma parte do campus para fazer um levantamento do número de lâmpadas, consumo em kW/h e comparações, para trazer uma redução nos custos e impactos ao meio ambiente, como serão mostrados no estudo a seguir, as inúmeras vantagens, tornar as edificações mais eficientes, de baixo impacto ao meio ambiente e de reduzir a demanda energética, e conseqüentemente o consumo de energia, trazendo uma reflexão na eliminação dos gases poluentes, e economia na fatura de luz.

Desde então analisando nosso campus de estudo, concluímos que em uma possível troca das lâmpadas de reator incandescente e fluorescentes, para lâmpadas de LED irá reduzir drasticamente o custo da conta de energia, e uma qualidade maior de iluminação, redução da temperatura do ambiente, e tempo de reparo, pois as lâmpadas de led possuem uma vida útil muito maior que as demais.

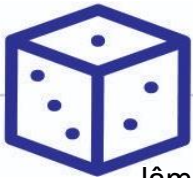
Para suprir o déficit energético ocasionado pela diferença entre a taxa de crescimento da oferta e a da demanda, foram criadas metas de economia de energia elétrica, responsáveis por uma redução de 24% no consumo energético nacional (BARDELIN, 2004).

## 2 DESENVOLVIMENTO

Classifica-se o estudo proposto como estudo científico aplicado a realidade, devido ao fato de existir um impacto ambiental e desperdício de energia, alto consumo, problemas com descarte da tecnologia existente na iluminação e falta de eficiência de alguns equipamentos e uma proposta de solução (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007).

Pesquisa é a construção de conhecimento original de acordo com certas exigências científicas. Para que seu estudo seja considerado científico você deve obedecer aos critérios de coerência, consistência, originalidade e objetivação, a indicação do grau de confiabilidade na resposta obtida” (GOLDEMBERG, 1999).

Este tipo de pesquisa decorre da necessidade do aprofundamento na teoria do tema procurando possíveis soluções. Por este motivo será necessário buscar assuntos que contribuam para o desenvolvimento do trabalho seja por meio de: livros, artigos, de maneira a abranger os estudos dos seguintes temas: descrição das



lâmpadas incandescentes, fluorescente e LED, o funcionamento desta nova tecnologia.

Pesquisa descritiva-experimental porque, segundo Medeiros (2003), existe uma necessidade de registro dos dados coletados na pesquisa, interpretação destes dados e análise por parte dos pesquisadores, sem interferência no ambiente pesquisado.

Serão realizadas pesquisas e testes em campo observando o processo de coleta dos dados, estabelecendo comparativos entre as tecnologias utilizadas atualmente com a de LED.

A metodologia é de grande importância numa pesquisa científica, uma vez que é uma etapa preponderante para alcançarem-se os objetivos propostos.

O foco deste trabalho é analisar as lâmpadas com LED de alta potência e propiciar informações que possam sugerir a economia e os benefícios da utilização desta nova tecnologia em substituição da existente, instalada hoje.

### 2.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PESQUISA

Para avaliar se uma lâmpada LED pode substituir as lâmpadas comuns: incandescente e fluorescente é necessário comparações em vários aspectos de fotometria e consumo de energia elétrica. No entanto, este estudo será focado em seis parâmetros: potência ativa, potência aparente, fator de potência, distorção harmônica da corrente, eficiência luminosa e a medição do fluxo luminoso.

Para as medições elétricas utilizou-se da pequena bancada e o wattímetro alicate.

Os valores obtidos nos experimentos foram alocados em uma planilha em Excel, de autoria própria, para análise e comparação com as informações reais do campus, retiramos as medidas para o dimensionamento e execução dos cálculos.

E para análise econômica foi criado uma planilha, paracomparação entre as lâmpadas levando em conta: o investimento inicial, gasto médio mensal com energia e também o gasto anual, quantidade de lâmpadas e todos detalhes para proporcionar redução no consumo de energia.

### 2.2 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Para executar os cálculos comparativos, tiramos as medidas reais instaladas no campus atualmente, realizado o levantamento de carga e quantidade de lâmpadas,



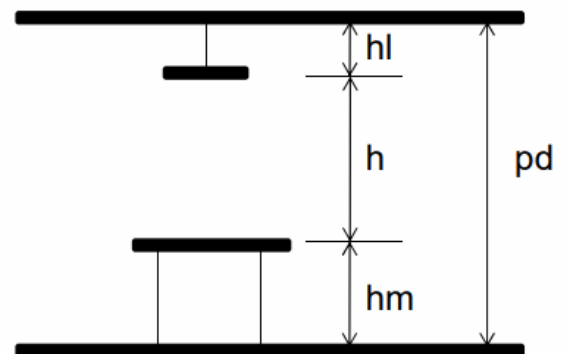
potência de cada tipo, e o seu consumo, para realizar os cálculos comparativos entre as lâmpadas de LED e as utilizadas hoje.

As medições foram realizadas com o wattímetro alicate modelo ET-4090 fabricante Minipa que segue as diretivas CENELEC 73/23/EEC e a diretiva de compatibilidade Eletromagnética 89/336/EEC conforme manual.

### 2.3 CALCULO LUMINOTÉCNICO

Método dos Lúmens: usado para determinar o número mínimo de lâmpadas e luminárias, considerando as dimensões e o tipo do ambiente a ser iluminado. Para tanto, devem ser executados os seguintes itens:

- 1) Identificação das características do ambiente.
- 2) Determinação do índice do recinto (K).
- 3) Escolha das lâmpadas e luminárias.
- 4) Determinação do fator de utilização.
- 5) Cálculo do fluxo luminoso total.
- 6) Cálculo do número de luminárias.
- 7) Distribuição das luminárias.



**Passo 1:** Identificar as seguintes características do ambiente, dimensões: comprimento, largura, pé direito, altura da montagem da luminária, cor do teto, paredes e pisos.

hl = altura de suspensão da luminária.

h = altura da montagem.

hm = altura do plano de trabalho.

pd = pé direito.

**Passo 2:** Determinação do índice do recinto (K), que é a relação das suas dimensões, dado por:

c = comprimento do recinto.

l = largura do recinto.

h = altura do plano de trabalho.

$$K = \frac{c \cdot l}{h \cdot (c + l)}$$



**Passo 3:** Identificar a iluminância media recomendada para o tipo de atividade exercida.

Segundo a NBR5413:

Quantidade necessária de lux por ambiente.

Tipo de Atividade	E (min)	E (med)	E (max)
Recintos para trabalhos não contínuos ou de transição (depósitos, dormitórios, sala de espera..)	100 lux	150 lux	200 lux
Trabalho com tarefas visuais limitadas como salas de aula, arquivo, auditório etc	200 lux	300 lux	500 lux
Trabalhos visuais normais como escritórios, lojas, bancos etc	300 lux	500 lux	750 lux
Recinto para trabalhos que se exige a visualização de detalhes como vitrines, indústrias de roupas etc	750 lux	1000 lux	1500 lux
Residências (cômodos em geral)	90 lux	100 lux	150 lux
Lojas (vitrines)	500 lux	700 lux	1000 lux

Fonte: NBR-5413.

- ♣ Comprimento = 8,3 m
- ♣ Pé direito = 3,2 m
- ♣ Teto branco –reflexão = 70%
- ♣ Altura de trabalho = 0,85 m
- ♣ Largura = 10 m
- ♣ Coeficiente de Manutenção 0,7
- ♣ Parede clara –reflexão = 50%
- ♣ atividade: Sala de Aula

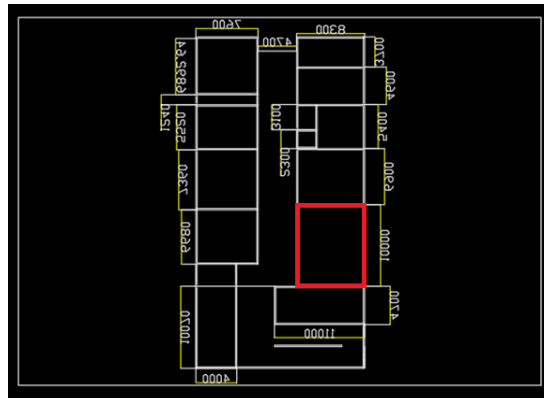
Tabela fator de utilização K

TETO (%)	70		
PAREDE (%)	50	30	10
PISO (%)	10		
Kr	Fator de utilização		
0,60	34	29	26
0,80	40	36	33
1,00	45	41	38
1,25	50	46	43
1,50	53	50	47
2,00	58	55	52
2,50	60	58	56
3,00	62	60	58
4,00	64	63	61
5,00	66	64	63

Fonte: NBR-5413



Planta baixa maternal UBM



Fonte: Autoria própria.

Para efetuar esse cálculo retiramos as dimensões da maior sala do maternal. Que hoje possui 16 Lâmpadas de 110 W, total em 1.760 W.

1) Calcular Area Total Base x Altura.

$$R: 8,3 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 83\text{m}^2$$

2)  $H = \text{Pé direito} - \text{plano de trabalho} = 3,2\text{m} - 0,85$

$$R: 2,35\text{m}.$$

3) Consultar Tabela para definir quantidade de lux para escola.

$$E = 300 \text{ Lx}.$$

4)  $K = (8,3 \text{ m} \times 10 \text{ m}) / ((2,35\text{m}) * (8,3+10)).$

$$K = 83\text{m}^2 / 43,05.$$

$$K = 1,93.$$

5) Fator de utilização usando K para retirar valor na tabela  $U = 0,58$

6) Fluxo Total:  $ExA/UxM$

$$300 \times 83 / 0,58 * 0,7$$

$$\text{Fluxo total: } 24900 / 0,406 = 61,330 \text{ Lumens}$$

7)  $F_t = 61330 \text{ lumens} / 6000 \text{ lumens}.$

$$R: 11 \text{ Lâmpadas no Ambiente de } 60\text{W}. \text{ Total } 660 \text{ Watts}$$

Entregando uma maior precisão da iluminação, qualidade de Lumens, e um tempo maior de manutenção e além disso, reduzindo drasticamente o consumo de energia, trazendo redução dos custos, a curto, medio e longo prazo.



### 2.3.1 Especificações técnicas

Para realizar este comparativo adotamos a lâmpada de led, as lâmpadas LED são até 10 vezes mais eficientes que as lâmpadas incandescentes e as halógenas. Isso significa que uma lâmpada LED de 10W fornece uma luminosidade semelhante à lâmpada incandescente ou halógena de 100W, produto produzido e especificações fornecidas pelo fabricante.

Lâmpada Led 60w



- Potência: 60W.
- Fluxo luminoso: 6000lm.
- Temperatura de cor: 6500K (Branca fria).
- Base: E27.

### 2.3.2 Maternal

Total de Lâmpadas Fluorescentes utilizadas hoje.

Quantidade de lâmpadas Fluorescentes atualmente	Potência	Total em Watts	Total em Lumens
80 Unidades	110w	8.800 kWh	352.000
55 Unidades	40w	2.200 kWh	88.000
<b>TOTAL:</b>		<b>11.000 kWh</b>	<b>440.000 Lumens</b>



Agora, considerando uma lâmpada de LED para efetuar os cálculos:

Colocaremos a mesma quantidade de lumens já existentes, um total de 440.000 Lumens somando todas as lâmpadas para obter um resultado comparativo com ênfase no consumo de energia kW/h, e ainda trazendo um ambiente mais claro pois além de consumir menos ela tem uma claridade maior.

Total de lâmpadas =  $440.000 \text{ lumens} / 6000 \text{ lumens} = 74 \text{ Lâmpadas}$ .

Total em Lumens =  $74 * 6000 = 444.000 \text{ Lumens}$ .

Quantidade de Lâmpadas LED.	Potência de cada Lâmpadas.	Total em Watts.	Total em Lumens.
74	60w	<b>4.440 w</b> <b>(4.44 kWh)</b>	<b>444.000</b> <b>Lumens</b>

### 2.3.3 Biblioteca

Lâmpadas Fluorescentes atualmente	Potência de cada Lâmpadas fluorescente	Total em Watts	Total em Lumens
114	110w	12.540 kWh	501.600 lumens
18	40w	720 kWh	28.800 lumens
<b>TOTAL</b>		<b>13.260 kWh</b>	<b>530.400 Lumens</b>

Total de Lumens = 530.400 Lumens.

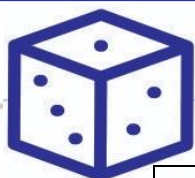
Total consumo da iluminação = 13.26 kWh.

Agora, com a mesma quantidade de lumens já existentes o valor de lumens utilizando as lâmpadas de LED 60W, traz uma redução no número de lâmpadas, consumo de energia, e redução na quantidade de lâmpadas segue o cálculo abaixo:

Total de lâmpadas =  $530,400 \text{ Lumens} / 6000 \text{ Lumens} = 89 \text{ Lâmpadas}$ .

Total em Lumens =  $89 * 6000 = 534.000 \text{ Lumens}$ .





#### IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

Quantidade de Lâmpadas LED necessárias	Potência de cada Lâmpada	Total em Watts	Total em Lumens
89	60w	<b>5340 w (5.34 kWh)</b>	<b>534,000 lm</b>

Segundo a **Light**, o cálculo da conta de luz é feito de forma escalonada. Para os clientes residenciais com consumo até 50kWh, há isenção de ICMS, e o custo é de R\$ 0,68313 por kWh.

Os cálculos tem como base para cálculo o valor do kWh residencial, o valor fornecido pela concessionária local para efeito de cálculo, porém o preço da energia para CNPJ tende a ser um pouco maior.

Consumo da iluminação atualmente.

Biblioteca	Maternal	Total em kWh
<b>13.26 kWh</b>	<b>11.00 kWh</b>	<b>24.26 kWh</b>

Total do consumo iluminação da biblioteca e maternal atualmente utilizando lâmpadas fluorescentes: 24.26 kWh.

Agora vamos transformar esses 24.26 kWh em reais para ver o tanto de gasto mensalmente na biblioteca e maternal.

24.26kWh X 30 Dias x16 Horas = 11.644,8kWh

Consumo kWh	Dias Consumidos	Horas Consumidas	Consumo total em 30 dias
<b>24.26kWh</b>	<b>30 Dias</b>	<b>16 Horas</b>	<b>11.644,8 kWh</b>

#### E como saber quanto está sendo gasto em R\$?

Na conta de luz, há um valor chamado de quilowatt-hora (kWh). O valor residencial é próximo de R\$0,68. Assim, para calcular quanto pagará pelo consumo, multiplique o valor mensal por esse valor.



#### IV Seminário de Pesquisa e Iniciação Científica UBM

Consumo kWh nos últimos 30 dias	Valor kWh	Valor total
11.644,8 kWh	R\$ 0,68	R\$ 7.918,46

Portanto, está iluminação consome R\$ 7.918,00 se ficar em uso por 30 dias, 16 horas por dia.

Agora utilizando a lâmpada LED ao invés de lâmpada fluorescente, para efetuar o cálculo comparativo.

$$4,44 \text{ kWh} + 5,34 \text{ kWh} \times 30 \text{ Dias} \times 16 \text{ Horas} = 4694 \text{ kWh}$$

Consumo kWh	Dias Consumidos	Horas Consumidas	30 dias
<b>9,780 kWh</b>	<b>30 Dias</b>	<b>16 Horas</b>	<b>4694,4 kWh</b>

Consumo kWh nos últimos 30 dias	Valor kWh	Valor total
<b>4694,4 kWh</b>	<b>R\$ 0,68</b>	<b>R\$3.191,92</b>

#### 2.3.4 Relação de Custo

COMPARAÇÃO ENTRE LED E FLUORESCENTE				
BIBLIOTECA			MATERNAL	
	LED	FLC	LED	FLC
<b>kW/h</b>	5,34Kw/h	13,26Kw/h	4,4Kw/h	11Kw/h
<b>Lumens</b>	534,000	530,400	444,000	440,000
<b>Quantidade</b>	89	132	74	135
<b>Custo</b>	<b>R\$ 1.755</b>	<b>R\$ 4.328</b>	<b>R\$ 1.436</b>	<b>R\$ 3.590</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>LED: R\$3.191</b>		<b>FLC: R\$ 7.918</b>	

VALOR DO INVESTIMENTO	RS 36.895,00
ECONOMIA MENSAL	R\$ 4.727,10
ECONOMIA ANUAL	R\$ 56.724,00
PAYBACK (RETORNO DO INVESTIMENTO)	8 meses



### 2.4 RESULTADO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A partir dos dados dos fabricantes, do custo de aquisição de cada lâmpada e do custo da energia foi possível montar uma planilha que possibilita ver a economia e o retorno do investimento feito ao substituir as lâmpadas incandescentes fluorescentes por lâmpada LED.

A primeira etapa da planilha consta o custo de aquisição de cada lâmpada (adquiridas no comércio local), a potência e a vida útil.

Na segunda etapa consta o gasto anual de energia através do tempo de uso, o consumo e o custo da energia. Para o cálculo do tempo de uso considerou-se uma utilização de 16 horas por dia durante 30 dias e 12 meses.

A partir deste resultado foi possível determinar o gasto anual das lâmpadas do maternal e biblioteca.

Com estes valores foi possível verificar a redução do custo de energia que o sistema LED proporciona comparado as demais.

Com o gasto anual foi possível determinar a economia anual fazendo subtração dos gastos entre as lâmpadas comuns e a lâmpada LED, de R\$ 56.724,00 reais no primeiro ano a economia no consumo de energia em utilizar a lâmpada LED no lugar da incandescente, paga o valor de aquisição, e também redução na manutenção pois tem uma vida útil maior.

Considerou-se os custos com substituição e consumo de energia durante a vida útil da tecnologia LED (35 mil horas). Foi realizado um cálculo para determinar a durabilidade desta, levando em conta o tempo de uso anual, o valor encontrado foi de 9,82 anos.

Somando a economia anual juntamente com a amortização anual das substituições e tendo o custo de aquisição da lâmpada LED foi calculado o tempo de retorno do investimento.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizamos as lâmpadas LED para competir com as fluorescentes usadas atualmente, calculando para manter o mesmo fluxo luminoso de acordo com cada ambiente e trazer economia e redução de danos ao meio ambiente tanto na emissão de CO<sub>2</sub> como consumo de energia.

Realizamos cálculos da demanda total da iluminação e comparação de



eficiência e custo entre as peças para comprovar, a possibilidade de substituição de uma lâmpada por LED, e a terceira etapa a análise econômica entre as lâmpadas.

O fluxo luminoso ficou com um valor próximo ao limite estabelecido pelo Inmetro que é de 93% do fluxo nominal (INMETRO, 2008), com apenas 94,5%.

Mas já a eficiência luminosa ficou abaixo da eficiência mínima que passará a ser exigida em 2014 (portaria N° 1008) que é de 15,5lm/W e ficou apenas 13,8lm/W (INMETRO, 2012) e uma diferença percentual de 402% comparada a lâmpada LED.

Para a área industrial este tipo de lâmpada não é nem um pouco interessante pois vão ter cobranças das concessionárias de energia devido ao que sobra de potência reativa.

Os fatores que influenciam a substituição das lâmpadas convencionais pela lâmpada LED, não aquece o ambiente, não emite raios ultravioleta e infravermelho, compromisso com meio ambiente, não possui em sua composição substâncias tóxicas, filamentos, não necessita de substituição constante, pode ser utilizado com dimmer e sensor de presença, nota-se que tanto na Biblioteca quanto na Maternal, o número de lâmpadas pode diminuir de acordo com a lâmpadas LED utilizada, teve algumas vantagens além das citadas anteriormente:

Uma maior quantidade de Lumens, alta eficiência luminosa, fator de potência superior as demais, redução de gasto kWh mais que 50%, e principalmente no custo benefício final, o investimento na lâmpada de LED se paga com o tempo, trazendo economia a curto, médio e longo prazo.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5413**: norma brasileira de iluminância de interiores. 1992.

BARBOSA, Alessandra, C. Estudo Fotométrico de Lâmpadas de LED. *In*: I Workshop de iluminação a LED - CEPEL / ELETROBRÁS, Rio de Janeiro. Disponível em: [:https://www.listas.unicamp.br/pipermail/dicasdeiluminacao/20120925/000676.html](https://www.listas.unicamp.br/pipermail/dicasdeiluminacao/20120925/000676.html). Acesso em 11 jun. 2021.

FERREIRA, Juliana Zandona. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares t8 e tubulares de Led**. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/17389>. Acesso em: 02 jun de 2021.

PHILIPS. **Guia prático Philips iluminação**. São Paulo: Serviço Philips de Orientação Técnica - SPOT, 2009.



PLUG DESIGN. **Eficiência energética.** Disponível em:  
<http://plug4.tempsite.ws/eficiencia-energetica>. Acesso em 11 jun. 2021.



## ESTUDO E APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA HELIOTÉRMICA

### STUDY AND APPLICATION OF HELIOTHERMAL TECHNOLOGY

João Antônio de Lima <sup>1</sup>

Kaique Almeida Nogueira <sup>2</sup>

Willer Rodrigues dos Santos Xavier <sup>3</sup>

#### RESUMO

A busca por fontes alternativas e renováveis de energia vem recebendo cada vez mais atenção em todo o mundo há muito tempo. Esse trabalho traz uma revisão literária de uma fonte alternativa de energia, que vêm ganhando interesse em diversos países ao redor do mundo, porém no Brasil ainda é uma aposta, a fonte heliotérmica. Seu princípio de funcionamento se dá com a utilização de espelhos que refletem a radiação solar em um receptor pontual, a fim de aquecer um fluido que trocará calor com a água, gerando vapor e acionar uma turbina que acionará um gerador, um processo semelhante com um modelo convencional de uma termoelétrica. A fonte heliotérmica consiste de quatro modelos de tecnologia, as quais estão sendo abordados separadamente ao longo do trabalho, onde se mostra seu princípio de funcionamento. Buscou-se também, identificar com ajuda de pesquisas, regiões brasileiras que sejam favoráveis para a implementação dessas fontes, regiões essas que conforme mostrado adiante no trabalho, é a região do semi árido nordestino, parte do centro oeste brasileiro e também o sudeste. Cada vez mais empenhados em apoiar o desenvolvimento tecnológico deste tipo de energia, devido à consciência ambiental, desenvolvimento e outros fatores o fornecimento de energia sustentável e estável é garantido por uma maior diversidade matriz energética. Além disso, a viabilidade destas tecnologias e o potencial brasileiro para utilizar usinas deste tipo passou a ser prioridade. Por fim, será analisado o que propõe no presente tema no que diz respeito a geração de energia heliotérmica.

**Palavras-Chave:** Energia elétrica. Energia heliotérmica.

#### ABSTRACT

The search for alternative and renewable energy sources has been receiving more and more attention around the world for a long time. This work brings a

---

<sup>1</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia Elétrica. Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>2</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia Elétrica. Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>3</sup> Professor. Curso de Engenharia Elétrica. Centro Universitário de Barra Mansa.



literary review of an alternative energy source, which is gaining interest in several countries around the world, but in Brazil it is still a bet, the heliothermic source. Its working principle is with the use of mirrors that reflect solar radiation in a point receiver, in order to heat a fluid that will exchange heat with water, generating steam and triggering a turbine that will activate a generator, a similar process with a conventional model of a thermoelectric power plant. The heliothermic source consists of four technology models, such as which are being included throughout the work, where its working principle is shown. It was also sought to identify, with the help of research, Brazilian regions that are favorable for the implementation of these sources, regions that, as defined further on in the work, are the semi-arid region of the Northeast, part of the Brazilian central west and also the Southeast. Increasingly committed to supporting the technological development of this type of energy, due to environmental awareness, development and other factors to provide sustainable and stable energy is guaranteed by a greater diversity of energy matrix. In addition, the feasibility of these technologies and the Brazilian potential to use plants of this type became a priority. Finally, we will analyze what is proposed in this theme with regard to the generation of heliothermal energy.

**Keywords:** Electricity. Heliothermal energy.

### 1 INTRODUÇÃO

A energia heliotérmica é uma fonte de energia renovável que vem tendo um grande destaque e crescimento no Brasil e no mundo, buscando causar um menor impacto na natureza e usar maneiras mais eficientes para desfrutar da energia elétrica.

Em 1882, em Nova Iorque, foi inaugurada por Thomas Edison a primeira central de geração e distribuição de energia elétrica, a Pearl Street Central Station. A mesma utilizava a tecnologia de motores a vapor, porém, produzia energia suficiente apenas para alimentar 400 lâmpadas, o que equivalia a mais ou menos 85 usuários.

Enquanto a energia elétrica ainda chegava à Nova Iorque, em 1881, o governo brasileiro já estava pensando em substituir a iluminação pública a gás pela iluminação elétrica. Assim, em 1882, a Cidade de Campos dos Goytacazes, no estado do Rio de Janeiro, tornou-se a primeira cidade do Brasil e a terceira do mundo a ter energia elétrica, com geração de apenas 52kW, o que possibilitava alimentar somente 39 lâmpadas.

Com o passar dos anos, o sistema de geração foi se aperfeiçoando e seis



anos após, em 1889, surge no Brasil a sua primeira Hidroelétrica, a Usina de Marmelos. O Brasil, por ser um país rico em recursos hídricos, passou muitos anos investindo na energia proveniente de usinas hidroelétricas. No entanto, as mesmas provocam diversos impactos ambientais.

Diante a esses fatos, tornou-se necessário desenvolver estudos e formas de geração de energia elétrica que não prejudique tanto o ambiente. Surge, assim, a chamada Energia Verde, que faz uso de energia proveniente do sol, já vem sendo utilizada em todo o mundo e tem apresentado bons resultados, além de provocar menos impacto ambiental em relação às usinas já existentes. As usinas geradoras de energia, que usam como matéria prima o sol, dividem-se em dois tipos de tecnologias, sendo elas, a fotovoltaica e heliotérmica.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 GERAÇÃO HELIOTÉRMICA**

A geração de energia heliotérmica, é a energia que um objeto específico pode absorver na forma de calor da radiação solar incidente sobre ele. Uma forma de usá-lo é gerar eletricidade por meio de um conjunto de espelhos móveis que concentram a radiação solar em um tubo central que produz vapor que pode movimentar turbinas elétricas. Usar esta forma de energia significa saber capturá-la e armazená-la. O equipamento mais comum que usa a energia solar diurna como um objetivo específico é chamado de coletor solar. (CRISPIM, 2018)

### **2.2 ENERGIA SOLAR**

A energia solar é a principal fonte de energia primária em maior escala na terra, mas também é uma das energias menos aproveitadas, devido à falta de estudo. Com a crescente demanda de energia, escassez de água, falta de recursos naturais, a energia solar é a principal alternativa para à geração de eletricidade que oferece vantagens econômicas e ecológicas, sendo capaz de suprir toda a demanda mundial, além de ser uma energia limpa e encontrada praticamente em todos os lugares da Terra, podendo ser considerada inesgotável.

[...] Apenas 1% da energia solar disponível na Terra, caso fosse a principal fonte energética renovável usada pelo homem, seria mais do





que suficiente para manter confortavelmente a vida de uma população até 100 vezes maior do que a população total atualmente existente na Terra. (LUIZ, 2013, p.48).

### 2.3 RADIAÇÃO SOLAR

Há um fato importante a se considerar com relação aos raios solares, pois há várias formas destes raios incidirem sobre o Planeta. Os raios que incidem horizontalmente, ou também chamados de irradiação global horizontal (GHI), são compostos por três formas ou tipos de raios incidentes: (ENERGIA SOLAR, 2020, acesso em 12/06/2021)

- Raios diretos – raios que incidem diretamente sobre a Terra, considerando o ângulo dos raios ou do Sol em relação à superfície do Planeta.
- Raios difusos – raios que, antes de atingirem a superfície, sofrem algum tipo de reflexão.
- Raios de incidência direta normal – os raios que incidem com ângulo de 90 graus sobre a Terra, por isso chamados diretos normais. Este tipo de raio é o utilizado pelas usinas heliotérmicas. (ENERGIA SOLAR, 2020)

### 2.4 HELIOSTATOS

Os heliostatos consiste em um conjunto de espelhos que se montam sobre uma estrutura, com o objetivo de refletir a luz solar e apontar para o ponto desejado. Eles são utilizados geralmente para propósitos industriais, como a usina de energia heliotérmica, as instalações contam com heliostatos que direcionam a luz do sol em um ponto específico onde se encontra um fluido que se aquece, e depois se transforma em vapor. Os heliostatos podem concentrar raios solares com temperaturas acima de 2000°C. (HELIOSTATOS, 2016)

O heliostático consiste em uma superfície reflexiva que é ativada por um mecanismo de relógio elétrico e se move de tal forma que, apesar do movimento de rotação, a imagem da estrela ainda será projetada no campo de visão de um telescópio astronômico ou outro instrumento. A Terra, então, gira de leste a oeste para compensar a rotação aparente. (HELIOSTATOS, 2016).



Destinados a concentrar a radiação solar, os heliostatos proporcionam luz de qualquer lugar do céu para serem continuamente refletida. Normalmente associados a equipamentos pesados, os heliostatos devem ser mantidos em posições fixas, como, por exemplo, as torres solares e os espectro-heliógrafos.

A eletricidade pode ser gerada a partir do heliostato porque a radiação solar pode aquecer o fluido e convertê-lo em vapor, que ativa a turbina, que por sua vez ativa o gerador. (HELIOSTATOS, 2016)

### 2.5 VANTAGENS DE DESVANTAGENS

Dentre as formas de geração de energia elétrica, em todas elas podemos encontrar vantagens e desvantagens, onde na geração heliotermica são:

#### **Vantagens**

- Fonte de energia limpa e renovável.
- Impacto ambiental praticamente desprezível.
- Possui aplicações diversas.
- Aplicação em locais semiáridos ou improdutivas, geralmente descartadas pelo setor agrícola.
- A sombra dos espelhos favorece os bichos, melhora a fertilidade da terra e possibilita o surgimento de plantas no local.

#### **Desvantagens**

- Alto custo para implantação
- Alto consumo de água para limpeza dos heliostatos

### 3 TECNOLOGIA DE GERAÇÃO HELIOTERMICA

O processo de geração de eletricidade por fontes de calor solar é relativamente simples, podendo até ser comparado à geração termoelétrica tradicional, com a diferença de que o calor não é obtido pela queima de materiais, mas pelo acúmulo de luz solar. Como será mostrado no trabalho a seguir, o vapor gerado pela troca de calor entre o fluido e a água movimenta a turbina e movimenta o gerador. A única diferença é que o vapor gerado pela energia termoelétrica a fonte vem da queima de fósseis, combustível, e no método de aquecimento solar, é obtido indiretamente pela concentração de energia solar. A

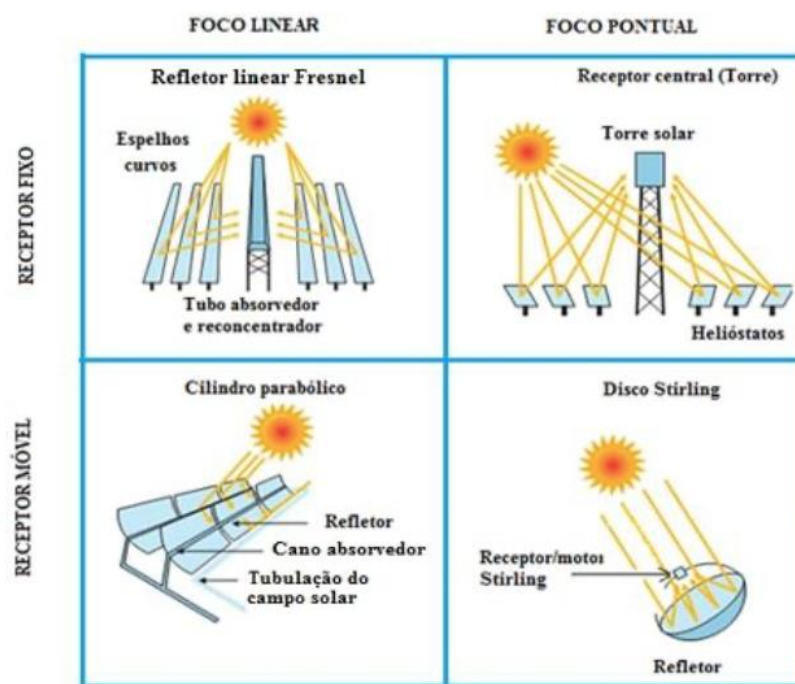


tecnologia solar heliotérmica conhecida internacionalmente como CSP pode gerar calor entre 250 ° C e 1.500 ° C, usando espelhos para concentrar a radiação direta normal do sol. Este calor pode ser usado diretamente para processamento térmico, armazenamento ou convertido em energia elétrica no ciclo de energia. (PORTAL SOLAR, 2016).

Entre as tecnologias existentes que utilizam a energia solar como fonte de energia elétrica, a energia fotovoltaica é a mais comum hoje, mas a energia solar tem avançado em vários países do mundo. A principal diferença entre a energia fotovoltaica e a heliotérmica é que o sistema fotovoltaico consiste no aproveitamento da luz solar direta, ou seja, um céu sem nuvens e com baixa umidade, pois necessita absorver os raios solares para gerar eletricidade. Por outro lado, como será visto neste trabalho, o sistema solar térmico consiste basicamente em utilizar a energia solar para gerar vapor d'água e, em seguida, gerar eletricidade por meio de uma turbina ou motor. (PORTAL SOLAR, 2016).

Atualmente existem quatro principais tipos para a produção de energia, que são basicamente o coletor cilindro parabólico (ou calha parabólica), o coletor Fresnel, o disco parabólico e a torre central (PORTAL SOLAR, 2016).

Figura 1: Apresentação do campo tecnológico



Fonte: SORIA (2011)

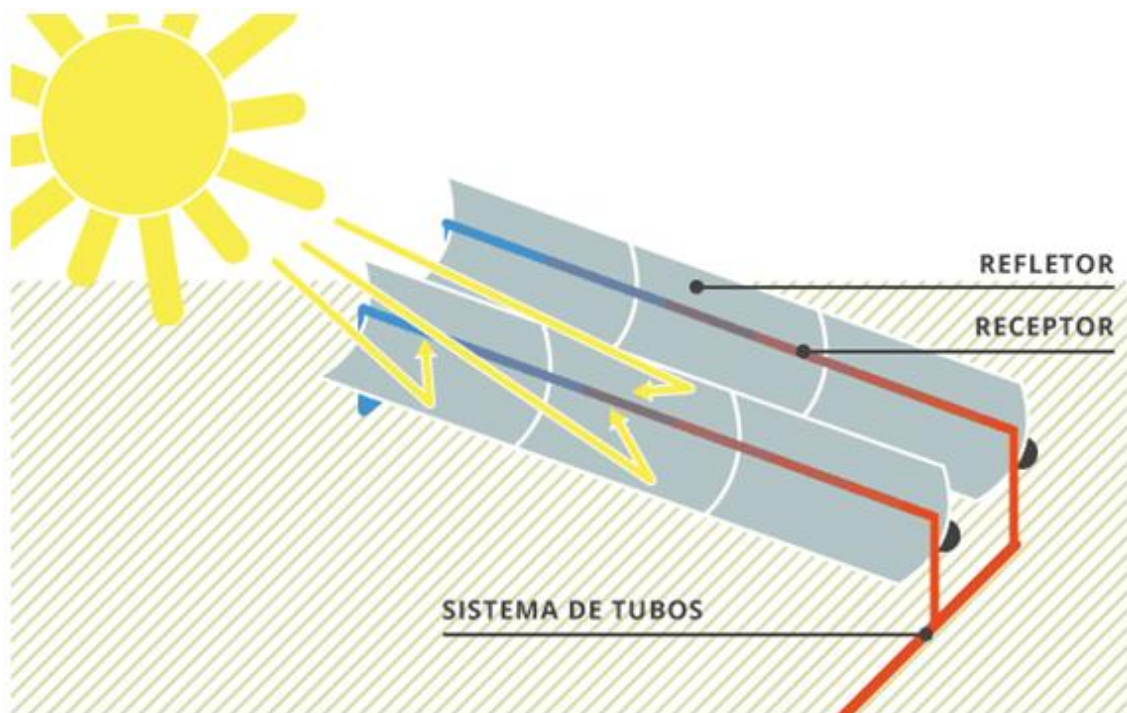


### 3.1 COLETOR PARABÓLICO

Neste formato de geração, espelhos parabólicos recebem a luz solar e as refletem para um receptor ou duto, que está posicionado próximo aos espelhos. Tal duto tem em seu interior a presença de fluido, que pode ser óleo ou sal fundido. O sal tem características sólidas quando se trata de condições normais, porém em altas temperaturas toma a forma líquida.

O campo solar é composto de centenas ou até milhares de espelhos, do qual os mesmos irão captar a energia solar e transferi-la para os tubos com fluido e, posteriormente, utilizar a energia térmica ou calor do fluido para gerar vapor e acionar as turbinas. A temperatura do fluido pode chegar a 400°C nos dutos. Além disso, o campo solar é monitorado pela central da usina constantemente para verificar a posição do sol e a temperatura no receptor. (PORTAL SOLAR, 2016)

Figura 2 - Coletores parabólicos em um campo de captação de energia solar



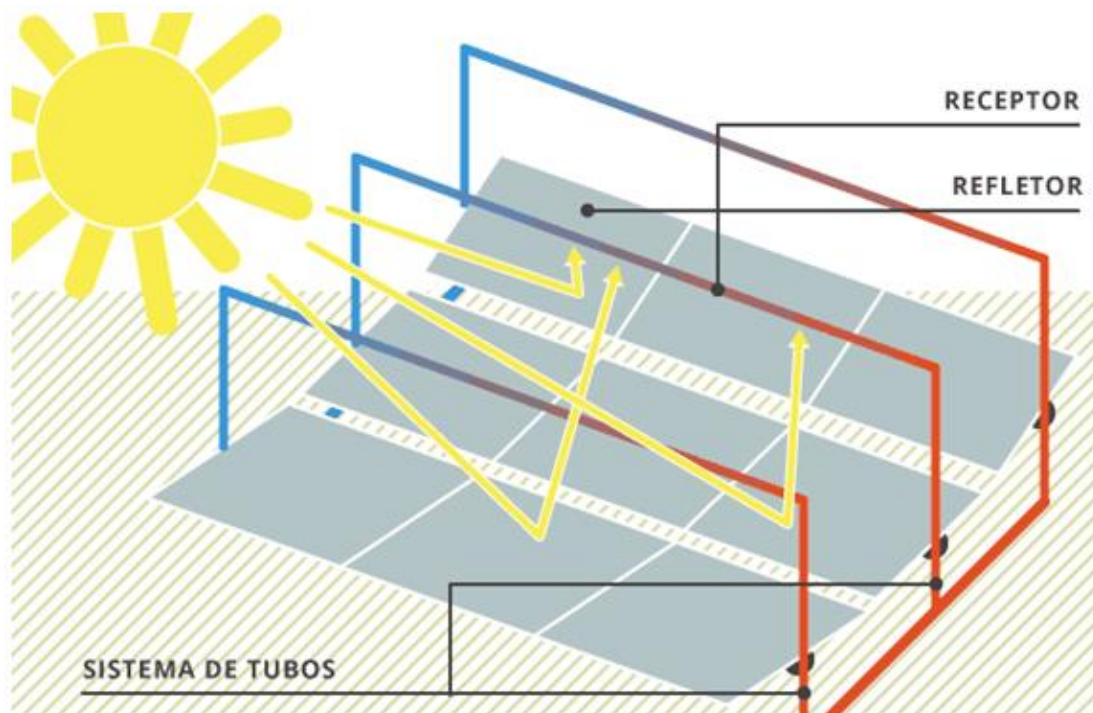
Fonte: PORTAL SOLAR (2016)



### 3.2 COLETOR FRESNEL

A técnica de refletores Fresnel é uma tecnologia que apresenta a maior simplicidade em seu conceito de operação, o que pode ser sua principal vantagem em relação a outras tecnologias de concentração solar. O refletor linear Fresnel foi desenvolvido usando espelhos planos ou levemente curvos que são alinhados e segmentados para refletir a radiação solar em um receptor linear fixo, voltado para baixo. Sua tecnologia pode operar a uma temperatura de aproximadamente 450 ° C. Como a produção de vapor ocorre diretamente no receptor, nenhum trocador de calor é usado para produzir vapor. Portanto, seu custo de investimento será bastante reduzido. Além de gerar eletricidade diretamente, as fontes de calor solar do tipo Fresnel também podem ser usadas para gerar vapor adicional como fonte de energia de backup para usinas de carvão e gás natural, bem como para indústrias que têm uma alta demanda por calor de processo. (PORTAL SOLAR, 2016).

Figura 3 - Esquema de captação de raio solar com refletores Linear Fresnel



Fonte: PORTAL SOLAR (2016)

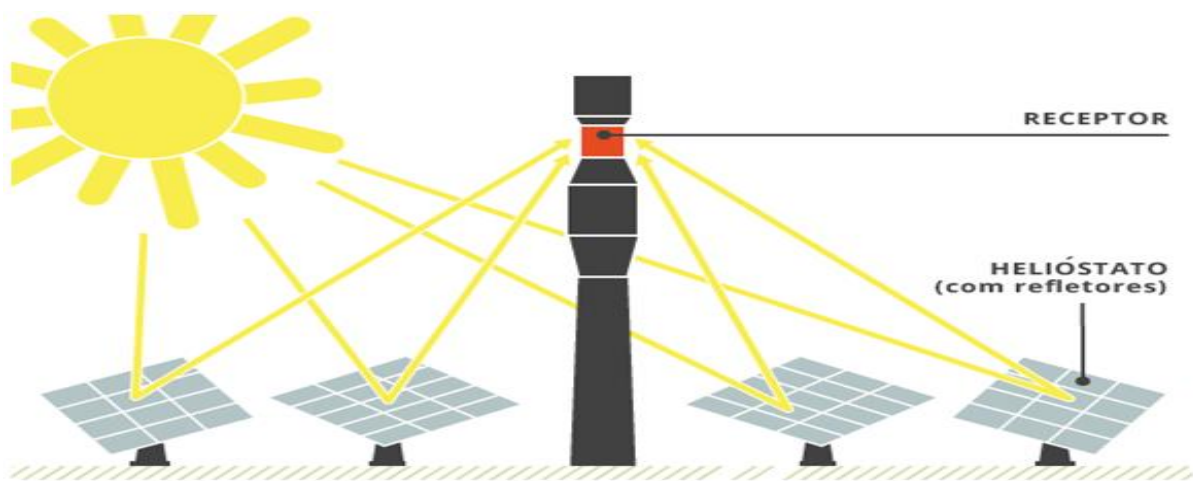


### 3.3 TORRE SOLAR

A torre possui um receptor central fixo e um ponto focal para rastreamento do sol em dois eixos. Cada heliostato é composto por quatro espelhos montados em uma mesma coluna, com uma área de reflexão total de 50 metros quadrados a 150 metros quadrados. Cada heliostato rastreia individualmente o sol e concentra a radiação no receptor. Ele funciona através do fluido que circula no receptor, absorve a energia solar acumulada, converte a energia solar em energia térmica e a converte em vapor superaquecido para uso em uma turbina a vapor. O fluido ser sal fundido, ar (o chamado fluido primário), caso em que sua temperatura pode chegar a cerca de 595 °C, ou a água que gera vapor diretamente pode chegar a 390 °C. Esse tipo de sistema pode atingir uma temperatura de 1000 ° C no receptor, o que permite a utilização de turbinas de alta potência nas quais a energia mecânica é convertida em energia elétrica em um gerador de forma mais eficiente. (PORTAL SOLAR, 2016).

Com alturas que podem passar de 250 metros, a torre central não é um risco para as aeronaves, pois elas brilham como um segundo sol, e os aviões voam em alturas muito superiores, e as usinas são construídas longe de aeroportos. Por terem uma altura considerável, as torres podem representar um perigo para as aves, entre tanto, com a aplicação de sonares em seu topo, esse risco se torna pequeno se comparado com prédios espelhados. (ENERGIA Heliotermica, 2016)

Figura 4 - Torre solar recebendo os raios solares para aquecimento do fluido



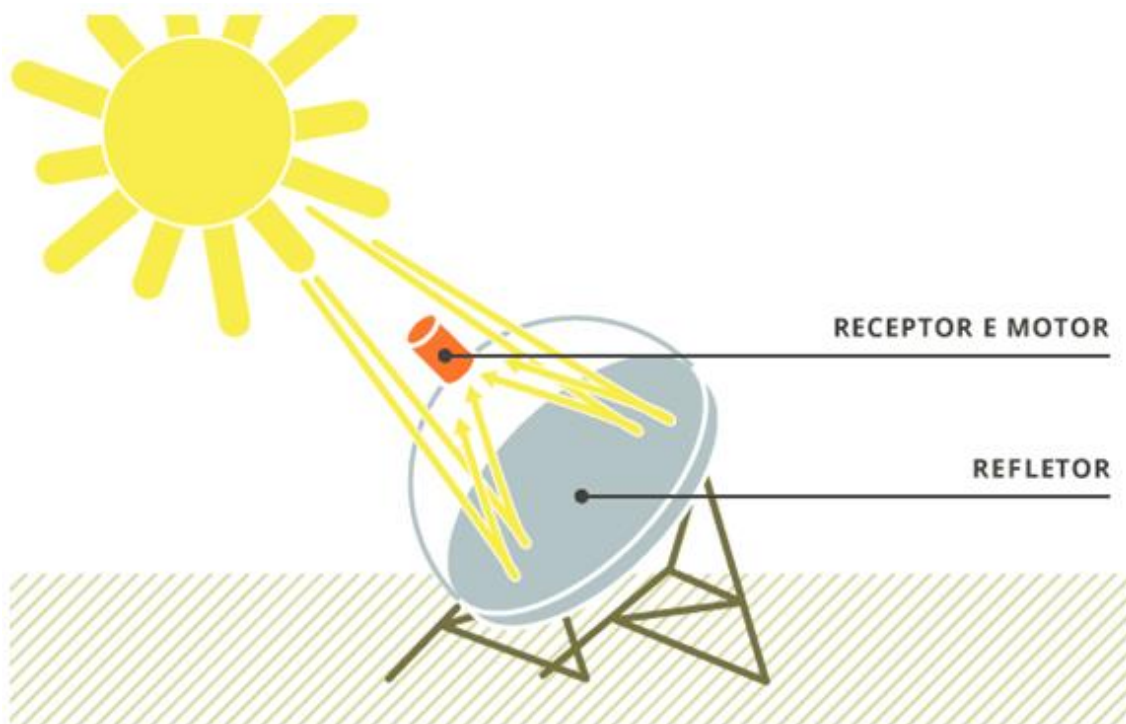
Fonte: PORTAL SOLAR (2016)



### 3.4 DISCO PARABÓLICO

O sistema de disco parabólico, também conhecido como disco parabólico, utiliza um grande disco parabólico reflexivo para reunir toda a luz solar e iluminá-la com um ponto focal, onde o receptor capta o calor e realiza a conversão necessária. Esse processo ocorre quando o disco rastreia a luz do sol. Esse rastreamento ocorre em dois eixos, de modo que ele pode apontar diretamente para o sol do nascer ao pôr do sol, e coletar a radiação normal diretamente para o receptor, e a energia solar coletada é concentrada. refletido para a frente pelo espelho de disco para o receptor, convertendo a energia solar em energia térmica. Neste estado, a temperatura no interior do receptor pode chegar a 750 ° C. O calor é transferido para o fluido de trabalho que aciona o motor Stirling, que é então convertido em energia mecânica pelo motor. Conectado ao motor está um gerador elétrico, que converte energia mecânica em energia elétrica. (PORTAL SOLAR, 2016)

**Figura 5 - Sistema de geração elétrica Disco Parabólico**



Fonte: PORTAL SOLAR (2016)



### 4 COMPARATIVO

As fontes de geração heliotérmicas se destacam por sua sustentabilidade, pois são as fontes de energia mais limpa e com menor impacto sócio-ambiental conhecido pelo homem. Destacam-se sobre as termoelétricas convencionais de queima de combustível, principalmente pelo fato da emissão de carbono. Destacam-se sobre as hidrelétricas, que, devido ao alagamento de grandes áreas, trazem altos impactos socioambientais, e destacam-se sobre geração elétrica eólica que, apesar de possuir menor impacto ambiental, este tipo de parque pode trazer graves prejuízos para a fauna local, pois as aves são diretamente afetadas, trazendo desequilíbrio para a cadeia alimentar e o ecossistema como um todo. (KALOGIROU, p. 49)

Assim como a energia proveniente de fontes eólicas, a energia solar sofre com fatores geoclimáticos. Este tipo de tecnologia só pode ser aplicado em lugares com grande incidência solar. Normalmente, estas regiões são localizadas entre os trópicos. Porém, mesmo com este estudo, usinas deste tipo são reféns das variações geoclimáticas, sem qualquer controle do homem. (KALOGIROU, p.50)

### 5 PLANEJAMENTO

O custo da geração de energia por transmissão de calor varia de acordo com a tecnologia usada. O desembolso para a energia solar térmica ainda é alto e varia de país para país. Para previsão de custos, o parâmetro mais influente é a localização da fábrica: quanto maior a quantidade de radiação e o número de horas de insolação, menor o custo de geração de energia. O planejamento para uma análise primária é composto por, basicamente, seis estágios, que, por sua vez, possuem subdivisões que serão responsáveis por uma melhor e mais complexa análise do projeto. (PENA, 2018)

Após conhecida a quantidade desejada de energia a ser gerada para atender todos os consumidores, é feito um estudo de planejamento de curto e médio prazo. Nesta etapa, são estudadas todas as características dos equipamentos que serão utilizados, como por exemplo, os dados correspondentes do transformador, entram dados como potência, tensão, resistência, entre outras características de todos os transformadores que serão





usados na usina de geração.

O bloco correspondente ao PDD (Plano de Desenvolvimento da Distribuição), que é a próxima etapa do projeto, talvez seja uma das etapas mais importantes, pois nela serão analisados os dados de funcionamento da usina armazenados em um banco de dados ao longo de um tempo, onde será analisada também a necessidade futura de expansão da planta. Nessa etapa, devem ser feitos estudos para saber se a geração de energia está atendendo a demanda desejada. Deve ser feita uma revisão crítica do último PDD, analisando inclusive a qualidade da carga e da distribuição cujas informações também serão utilizadas na próxima etapa, que consiste nas características da carga e da rede. Esse processo resume-se a um histórico da utilização da carga que provem das características do usuário e seus hábitos de consumo e a proporção de fluxo na rede. (ANEEL, 2020)

Após passadas todas as etapas do planejamento, ao final será inserido o cálculo do TUSDg (Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição), cuja metodologia de cálculo é imposta pela ANEEL, prevista na Resolução Normativa nº 349/2009. (ANEEL, 2020,)

## **7 POTENCIAL BRASILEIRO**

O Brasil tem uma área de 8.514.876.599 quilômetros quadrados e tem em média 280 dias de sol por ano, portanto, terá todas as vantagens no aproveitamento da energia solar, pois o país tem uma grande vantagem nesse quesito, porque neste tipo de geração de energia tem grande potencial. Em termos de potencial, também podemos destacar que devido às vantagens climáticas do Brasil, além da viabilidade e dos recursos do uso da energia solar, o Brasil também pode torná-lo uma importante fonte de energia. (SALAMONI; RUTHER, 2007).

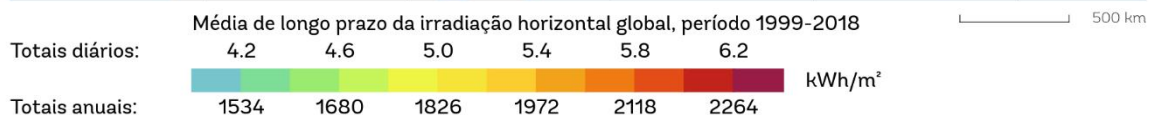
Quando falamos em energia no Brasil, pensamos em energia hidrelétrica, porque esta é a fonte de energia mais utilizada no Brasil. Em termos de encontrar novas fontes de energia para proteger o meio ambiente e de maneira econômica, a energia solar é a mais limpa de todas as fontes de energia conhecidas. No Brasil, mesmo em regiões com baixa taxa de captação de energia solar, ainda



apresenta grande potencial de utilização de energia, conforme mostrado na figura a seguir, que representa o índice médio anual de radiação solar do Brasil de acordo com o sol. (ATLAS DA RADIAÇÃO SOLAR DO BRASIL, 2020).

Pode-se observar que a emissividade mais alta está no Nordeste, por possuir a maior concentração de energia solar. (GEOMODEL SOLAR, 2011)

Figura 7 – Irradiação diária/anual



Fonte: SOLARGIS (adaptado)

## 8 INTERLIGAÇÃO

Tão importante quanto a geração de energia é sua interconexão com a rede e depois a distribuição aos consumidores. São introduzidos os conceitos relativos ao processo de entrada no sistema nacional de distribuição de energia.



A primeira forma é a microgeração distribuída de energia, cuja capacidade total de geração de energia deve ser de até 100 kW, podendo ser conectada à rede de distribuição por meio das instalações da unidade usuária. (ANEEL, 2015)

Os custos relacionados à adequação da medição de energia devem ser arcados pelos interessados. Após o ajuste do sistema de medição, a concessionária ficará responsável pela distribuição e manutenção dos equipamentos. (ANEEL, 2015)

### **9 ASPECTOS FINANCEIROS BRASILEIROS**

Para ter sucesso, os projetos brasileiros precisam ser favorecidos não apenas por questões ambientais, mas também por questões financeiras e jurídicas brasileiras. Portanto, é importante obter financiamento e investimento do governo ou do setor privado que possam cobrir os custos iniciais de construção e operação. Para promover o desenvolvimento de empreendimentos e infraestrutura, alguns bancos fornecem financiamento a empresas brasileiras, como o BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), que seu plano de investimentos começa em 10 milhões de reais, o que o torna uma opção de financiamento viável (BNDES, 2020). Por outro lado, o governo federal, por meio da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), desenvolveu um plano alternativo de incentivo à energia elétrica para investimentos em projetos de geração de energia renovável. Em 2020, o aporte financeiro do plano foi aprovado em 3,321 bilhões de reais, dos quais 500 milhões de reais foram destinados à energia solar. (ANEEL, 2015)

### **10 APLICAÇÃO DA ENERGIA HELIOTÉRMICA NO BRASIL**

A região semiárida no Brasil é a nordestina, onde no estado de Pernambuco, encontramos a cidade de Petrolina. Esta cidade possui boas características para instalação de usinas heliotérmicas devido à sua alta radiação solar direta, infraestrutura, abastecimento de água, etc.

Segundo dados do Centro de Referência de Energia Solar de Petrolina (Cresp), os dados meteorológicos históricos comprovam que, calculada na média diária anual, a insolação diária é de 7,8 horas, resultando em elevados níveis de radiação, da ordem de 5,38 kWh / m<sup>2</sup>. dia (19,37 MJ / m<sup>2</sup>.dia \*), a



temperatura ambiente média está em torno de 30 °C, esta área é propícia ao desenvolvimento do projeto, que será propício para o Nordeste do Brasil e outras regiões. Estruturalmente, o Cresp está dividido em quatro etapas. A primeira é uma central fotovoltaica comum, que já está instalada. O segundo foi implementado em breve e incluiu uma usina de ½ MW composta por painéis de diferentes tipos e tamanhos para gerar dados comparativos relacionados aos painéis fotovoltaicos tradicionais. A terceira e quarta etapas serão a geração de energia solar térmica, onde nós aquecemos os chamados fluidos térmicos da luz solar e os usamos para gerar eletricidade. No projeto a geração heliotérmica utiliza duas tecnologias: os coletores parabólicos e a torre central.

Os coletores parabólicos tem um orçamento previsto de R\$ 56 milhões, e teve início em 2020, com um período de implantação de 36 meses. E a torre central possui um orçamento previsto de R\$ 45,8 milhões, e teve início em 2020, com período de implantação de 48 meses. (CRESP, 2020)

Outros exemplos de Usinas heliotérmicas em desenvolvimento localizadas no Brasil:

- SMILE (Planta 1) – Instalada na cidade de Pirassununga-SP, está em desenvolvimento. Terá uma capacidade de geração de 100 KW.
- Usina solar CEFET instalada em Belo Horizonte (MG). Atualmente usado principalmente para pesquisa e desenvolvimento.
- O SMILE (Plano 2) está instalado em Caiçara do Rio do Vento (RN). Na fase de desenvolvimento, terá capacidade de geração de 100 KW.

### **11 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O foco deste trabalho foi a apresentação das tecnologias heliotérmicas, dentre tais tecnologias, foi feito um estudo destacando suas características sobre várias óticas, podendo ser citado, o ponto de vista tecnológico, suas características construtivas, exemplos de plantas e funcionamento. A fonte heliotérmica é relativamente recente no universo da geração de energia elétrica e, exatamente por conta disso, pode-se dizer que a mesma se encontra em um processo razoável de desenvolvimento tecnológico e até mesmo econômico.

Assim, em geral, seguindo os dados de mercado da heliotermia e comparando-a com outras fontes, é possível afirmar que essa ainda é uma fonte



em evolução e que, principalmente por este motivo, possui um custo elevado, não se mostrando atrativa para os investidores do ramo.

Essa fonte de geração de energia não é uma tecnologia para qualquer lugar do mundo, em quaisquer condições. A heliotérmica necessita de condições especiais para que tenha um funcionamento de acordo com o esperado, e com uma grande fonte lucrativa. O principal ponto a ser levado em conta é a condição climática do local, deve ser um local árido, com poucas chuvas e com alta irradiação solar. Logo após, é de suma importância o fácil acesso para transportes de equipamentos e funcionários. Outro aspecto a considerar é a transmissão de energia, que pode ser o determinante da linha tênue entre viabilidade e a inviabilidade do projeto, é fundamental uma linha de transmissão de alta tensão perto da matriz. Por fim, o local precisa de uma fonte de água bem próxima, pois o gasto com água é um dos maiores relativamente à operação e manutenção, servindo principalmente na lavagem dos espelhos.

O conjunto destes fatores aliados é de extrema relevância para a implementação da usina e seu funcionamento, e conforme verificado ao longo do trabalho, o Brasil possui condições favoráveis de implementação desta usina, sejam as boas condições climáticas oferecidas, ou, principalmente, as questões estratégicas.

Após este estudo, conclui-se que a geração de energia a partir da heliotérmica pode ser uma interessante opção para o futuro, pois, além de ser uma fonte de energia renovável e inesgotável, possui impacto ambiental praticamente desprezível.

### REFERÊNCIAS

ANEEL. **Projeto estratégico**: desenvolvimento da tecnologia nacional de geração heliotérmica de energia elétrica. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015.

ANEEL. **ANEEL aprova regras para facilitar a geração de energia nas unidades consumidoras**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=5457&id\\_area=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_area=90). Acesso em: 18 jun. 2021.



**ANEEL. Tarifa de distribuição tem metodologia de cálculo aprimorada.**

Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2011. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/home?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=%2F&\\_101\\_assetEntryId=14568286&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=656877&\\_101\\_urlTitle=tarifa-de-distribuicao-tem-metodologia-de-calculo-aprimorada&inheritRedirect=true](http://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=14568286&_101_type=content&_101_groupId=656877&_101_urlTitle=tarifa-de-distribuicao-tem-metodologia-de-calculo-aprimorada&inheritRedirect=true). Acesso em: 12 jun. 2021.

**ANEEL. Geração distribuída.** Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BELFORT, Angela Fernanda. Primeira usina heliotérmica vai se instalar em Petrolina. **JC**, 22 jun. 2012. Disponível em: <https://jc.ne10.uol.com.br/canal/economia/pernambuco/noticia/2012/06/22/primeira-usina-heliotermica-vai-se-instalar-em-petrolina-46497.php>. Acesso em: 12 jun. 2021.

**BNDES. Crédito projetos direto para infraestrutura.** 2020. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/solucao/solucao-finem-infraestrutura#!/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. Centro de referência em energia solar de Petrolina. **CHESF**, 31 jul. 2019. Disponível em: <https://www.chesf.gov.br/pdi/Documents/Centro%20de%20Refer%C3%Aancia%20em%20Energia%20Solar%20de%20Petrolina.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CRISPIM, Maristela. Chesf investe R\$ 420 milhões em geração solar e inovação. **Eco Nordeste**, 14 dez. 2018. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/chesf-investe-r-420-milhoes-em-geracao-solar-e-inovacao/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

CUNHA, Paulo; WEISS, Mariana. Energia heliotérmica: uma nova aposta. **Cenários Solar**, 25 fev. 2021. Disponível em: <https://cenariossolar.editorabrasilenergia.com.br/energia-heliotermica-uma-nova-aposta/>. Acesso em: 18 jun. 2021.

ENERGIA heliotérmica (termo solar). **Portal Solar**, 05 ago. 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-heliotermica-entenda-como-funciona.html>. Acesso em: 12 jun. 2021.

FALCÃO, Rosa. Petrolina terá energia heliotérmica. **Diário de Pernambuco**, 08 out. 2016. Disponível em: <https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/economia/2016/10/petrolina-tera-energia-heliotermica.html>. Acesso em: 18 jun. 2021.



GEOMODEL solar. **Maps of global horizontal irradiation (GHI)**. 2011. Disponível em: <http://solargis.info/doc/71>. Acesso em: 14 jun. 2021

GLOBAL SOLAR ATLAS. **Mapa solar global**. 2020. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/>. Acesso em: 13 jun. 2021

HELIÓSTATO. *In*: INFOPÉDIA. Porto Editora. Disponível em: [https://www.infopedia.pt/\\$heliostato](https://www.infopedia.pt/$heliostato). Acesso em: 12 jun. 2021.

KALOGIROU, Soteris A. **Solar energy engineering: processes and systems**. Elsevier, 2013.

LOVEGROVE, Stein. **Concentrating solar power technology, principles, developments and applications**. Woodhead Publishing, 2012.

LUIZ, Adir Moysés. **Energia solar e preservação do meio ambiente**. [S.l.]: Livraria da Física, 2013.

PENA, Rodolfo F. Alves. Energia termoelétrica. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-termoeletrica.htm>. Acesso em 12 jun. 2021.

PLANAS, Oriol. O que é radiação solar? **Energia Solar**, 13 maio 2015. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/que-e-energia-solar/radiacao-solar>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SALAMONI, I.; RÜTHER, R. **Potencial brasileiro da geração solar fotovoltaica conectada à rede elétrica**: análise de paridade de rede. *In*: ENCONTRO NACIONAL, 9. LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5. Ouro Preto, 2007.

SILVA, R.B.T. **Geração de energia elétrica a partir da concentração solar**. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista., 2011.

SOLARGIS. **Solar resource maps of Brazil**. Disponível em: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/brazil>. Acesso em: 12 jun. 2021.

SOLARPACES. CSP Projects Around the World. **SolarPaces**, 2013. Disponível em: <http://www.solarpaces.org/csp-technology/csp-projects-around-the-world>. Acesso em: 29 jun. 2021.



**ESTUDO SOBRE A ADIÇÃO DE COMPÓSITOS DE FIBRAS ORGÂNICAS  
PARA MELHORIA DE LUVAS TÉRMICAS DE PROTEÇÃO**

**STUDY ON THE ADDITION OF ORGANIC FIBER COMPOSITES TO  
IMPROVE THERMAL PROTECTIVE GLOVES**

**Dener Martins<sup>1</sup>  
Eduarda Gomes<sup>2</sup>  
Gustavo Gomes<sup>3</sup>  
Yuri Nascimento<sup>4</sup>**

**RESUMO**

Foram analisadas as fibras de açaí, folha do abacaxizeiro, coco verde, bananeira, bambu e bagaço de cana-de-açúcar, com o objetivo de criar um compósito capaz de ser inserido em uma luva de solda, com a finalidade de aprimorar sua capacidade de isolamento térmico. Após análises qualitativas seguidas de testes laboratoriais para determinar qual fibra teria maior potencial para aplicação no Equipamento de Proteção Individual (EPI), os resultados indicaram que a fibra de bambu foi a mais promissora. A metodologia empregada a partir de então, consistiu em adicionar um aglomerante para formar um compósito orgânico que pudesse ser moldado na forma de uma placa. A fibra orgânica do bambu foi cortada no comprimento linear aproximado de 5 mm com a finalidade de não prejudicar tanto a geometria da luva quanto o movimento do operador. Após à fixação das placas na luva e de acabamento, iniciaram-se os testes de temperatura. A confiabilidade dos resultados se deu perante a realização da repetição de vários de absorção térmica (em média ao redor de 10 testes em média) de forma a se obter informações contundentes para possibilitar comparações e análises, que indicaram que a adição do compósito aplicado à luva forneceu aumento de resistência térmica com baixa perda de mobilidade da luva que não comprometeu o desempenho laboral do operador. A partir dos resultados encontrados se concluiu que a adição do compósito orgânico feito com a fibra de bambu atingiu aumentou em 12% a capacidade de isolamento térmico do EPI utilizado como base dessa pesquisa.

**Palavras-Chave:** Compósitos. Fibras Orgânicas. Sustentabilidade. Propriedades Mecânicas. Equipamento de Proteção Individual.

<sup>1</sup> Professor Doutor. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) e Professor Adjunto da UERJ. E-mail: dener.martins@ubm.br.

<sup>2</sup> Acadêmica. Curso de Engenharia Mecânica. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: eduardagomes\_sc@outlook.com

<sup>3</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia Mecânica. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: gustaguedesgomes@gmail.com.

<sup>4</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: bragayurilucas@gmail.com.





### ABSTRACT

Fibers of açai, pineapple leaf, green coconut, banana tree, bamboo and sugarcane bagasse were analyzed in order to create a composite capable of being inserted in a welding glove, in order to improve its capacity of thermal insulation. After qualitative analysis followed by laboratory tests to determine which fiber would have the greatest potential for application in Personal Protective Equipment (PPE), the results indicated that bamboo fiber was the most promising. The methodology used since then consisted of adding a binder to form an organic composite that could be molded into the shape of a board. The organic fiber of the bamboo was cut to a linear length of approximately 5 mm in order not to affect both the glove geometry and the operator's movement. After attaching the plates to the glove and finishing, the temperature tests were started. The reliability of the results was due to the repetition of several thermal absorption tests (on average around 10 tests) in order to obtain compelling information to enable comparisons and analysis, which indicated that the addition of the composite applied to the glove provided increased thermal resistance with low loss of glove mobility that did not compromise the operator's work performance. From the results found, it was concluded that the addition of the organic composite made with bamboo fiber increased by 12% the thermal insulation capacity of the PPE used as the basis for this research.

**Palavras-chave em outro idioma:** Composite materials. Organic Fibers. PPE. Sustainability. Mechanical Properties.

### 1 INTRODUÇÃO

O estilo de vida da sociedade moderna tem como seu principal pilar a tecnologia, que apesar de seu desenvolvimento, ainda causa um grande impacto no meio ambiente durante seu processo de fabricação. Visto a necessidade de alternativas renováveis e economicamente viáveis, surgiu a demanda por compósitos cuja combinação incluísse fibras de origem natural (PRASAD; RAO, 2011 *apud* ROSA, 2019).

Assmann (2009) afirma que esse tipo de fibras geralmente possui resistência satisfatória e menor densidade do que os reforços mais utilizados, como fibras de vidro, carbonato de cálcio e mica. Além disso, sua utilização como reforço tem sido estimulada porque o processo de fabricação de fibras sintéticas possui um alto custo ambiental, traduzido pelo alto conteúdo energético e baixa biodegradabilidade de materiais como vidro, carbono e aramida. A disponibilidade, abundância e versatilidade das fibras naturais caracterizam-nas como excelentes agentes de reforço em matrizes poliméricas.



O objetivo desse estudo foi caracterizar, analisar e explorar o potencial de utilização de fibras orgânicas a fim de possibilitar seu uso em compósitos, de forma tal, que sua utilização na indústria levasse a produtos sustentáveis para fabricação de Equipamentos de Proteção Individual, com custo reduzido e propriedades mecânicas compatíveis com suas aplicações. O propósito do trabalho também incluía investigar fibras orgânicas de modo a definir alguma para análise mais detalhada, e definir as possibilidades de aplicação na indústria compatíveis com as propriedades da fibra escolhida.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 MATERIAIS E MÉTODOS**

A fim de delinear quais fibras orgânicas seriam analisadas no estágio inicial do artigo, foram considerados os resíduos orgânicos que poderiam ser adquiridos com facilidade na região, ou que já foram trabalhados de forma preliminar em outros trabalhos acadêmicos, o último sendo usado como uma forma de aprofundar tais trabalhos. Em seguida, foram feitas pesquisas preliminares de forma a considerar as propriedades mecânicas dos diferentes materiais, assim como outros aspectos pertinentes ao trabalho, como densidade, peso específico, estatísticas referentes à disponibilidade do resíduo assim como informações sobre qual utilização já foi feita desse material.

Após a extração dos materiais orgânicos (bambu, coco e bananeira) estes materiais foram encaminhados para o laboratório da Instituição Universidade de Barra Mansa (UBM) para que fossem realizados os procedimentos experimentais a fim de discutirmos sobre qual destas fibras apresenta melhor características para aprimoramento da luva de solda utilizada como equipamento de EPI.

No laboratório foram retiradas as fibras das amostras do bambu, coco e bananeira, como demonstrado na Figura 1, e colocadas cada uma em uma bandeja para que os testes fossem realizados.



**Figura 1 – Fibras dos materiais utilizados nos experimentos**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Terminada a retirada das fibras, elas foram pesadas em uma bandeja. Para que a massa destas pudessem ser estipuladas primeiramente a bandeja foi pesada separadamente.

Após a retirada total das fibras dos materiais acima mencionados, estas foram separadas e lavadas em água corrente de boa qualidade, para a retirada de impurezas. Além disso, quando as fibras já estavam secas, estas foram separadas com massas equivalentes para que os testes fossem padronizados – devido à necessidade de comparação entre elas.

A próxima etapa do experimento foi colocar as fibras submersas em recipientes com aproximadamente 200 ml de água (da torneira) cada por cerca de 1 minuto, após esse período as fibras foram deslocadas para um recipiente seco, a fim de que ao pesá-las o valor mensurado não refletisse qualquer quantidade de líquido exceto pela que foi absorvida pela fibra. Em sequência essas fibras foram colocadas em uma bandeja seca e submetidas à estufa numa temperatura inicial e constante de 120 °C, por cerca de duas horas. Passado esse tempo as fibras foram retiradas da estufa e fez-se as análises das fibras novamente.

### **Armazenamento dos materiais**

Conforme fora observado ao longo dos processos envolvendo tais fibras, foi possível notar e estudar a influência do armazenamento adequado dos materiais em sua preservação e estudo posterior, de forma que essa estocagem se não bem feita, acarreta na perda das fibras por fungos e microorganismos



que decompõem de forma significativa a estrutura dos materiais envolvidos.

Essa constatação teve como base a observação de algumas amostras da bananeira e do coco verde, que embora guardadas em laboratório, esse se situava em um ambiente de umidade elevada que não pôde ser contida pela estrutura do recinto, levando à perda parcial dos materiais em questão.

### **Fragmentação das fibras do bambu**

Posteriormente à seleção da fibra do bambu como material a ser utilizado na melhoria do EPI, iniciou-se a etapa de corte e granulação de tais fibras. O material foi cortado de forma manual com uso simples de ferramentas tradicionais de corte, em pedaços variando em comprimento aproximado de 5mm.

### **Aglomerante**

A fim de adquirir um aglomerante capaz de gerar uma liga com as fibras cortadas e que não causasse reação com as mesmas, foi escolhida uma cola do tipo silicone (Cyclo – Black Ox Silicone) como exposto na Figura 2, muito utilizada na área automotiva em juntas de cabeçotes de motor, suportando elevadas cargas térmicas de até 343 °C.

**Figura 2 - Aglomerante utilizado no compósito**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)

### **Confecção da placa e corte nos moldes desejados**

Ao término da etapa de seleção da cola utilizada e corte das fibras do bambu, foi realizado um pequeno teste de reação entre esses dois materiais em



um pequeno recipiente para que fossem analisados o tempo e a qualidade da liga gerada nesta mistura.

Após esse teste, foi calculada uma proporção ideal de cada material para a mistura desejada, desta forma, permitindo a confecção do produto final. A mistura das partes foi feita em um recipiente separado com auxílio de um instrumento para mexer o conteúdo até que este formasse um corpo só, isto é, um aglomerado como visto na Figura 3. Então, enquanto a cola ainda não estava completamente seca, o aglomerado era posicionado na fronteira da placa e manuseado para que fosse unido a esta como pode ser visto na Figura 3.

Após a secagem da placa, foi realizado o procedimento de corte da mesma nas dimensões desejadas, levando em consideração a área da palma e dos dedos da luva, como pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3 - Placas de compósito**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)

### **Acabamento do corpo de prova**

Nesta etapa, foi necessário levar as placas e a luva para um profissional fixar o couro da camada externa através de costura e cola. Devido à área dos dedos serem menores, não havia a possibilidade de costurar as duas camadas de couro. Portanto, nessas áreas o único método de fixação foi a cola. Já na palma da luva, foi possível costurar a camada exterior do couro, que também foi reforçada com cola como exibido na Figura 4.



**Figura 4 – Luva modificada**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)

### **Testes de temperatura**

Para determinar um parâmetro de comparação foram feitos testes de temperatura usando, as luvas de solda, um ferro de passar roupa e um termômetro infravermelho. Durante o teste, a luva foi pressionada contra a superfície aquecida do ferro, por 15 segundos após ambas as áreas terem suas temperaturas aferidas. A seguir, o contato foi rompido e a temperatura do lado da luva que foi exposto ao calor foi aferida novamente.

## **2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após o processo de remoção das fibras, estas foram pesadas em uma bandeja. A fim de que o peso destas fossem devidamente estimados, como mostrado na Tabela 1, primeiro a bandeja foi pesada separadamente, e apresentou o peso de 1747,94 g.

**Tabela 1: Massa das fibras recolhidas inicialmente**

Fibra	Massa (g)
Coco	44,6
Bananeira	34,56
Bambu	95,56

**Fonte:** Autoria Própria (2021)



Posteriormente à retirada total das fibras dos materiais, estas foram separadas e lavadas com água corrente, com o intuito de retirar quaisquer impurezas. Depois de secas, as fibras foram separadas com a massa aproximada de 34,5 g para cada tipo para que as demais etapas do experimento tivessem a massa de fibras equivalentes como demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2: Massa aferida após a secagem que seguiu o processo de lavagem das fibras**

Fibra	Massa (g)
Coco	114,06
Bananeira	168,06
Bambu	36,06

\*Massa aproximada

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Durante a etapa do experimento em que as fibras foram submersas em aproximadamente 200 ml de água cada por cerca de 1 minuto e logo em seguida movidas para um recipiente seco e pesadas para então ser submetidas à um teste com a estufa, os dados obtidos com tais testes estão expostos nas Tabela 3 e 4 e apontam que o material que demonstrou ter a menor afinidade com a água foram as fibras de bambu quando comparado com os demais, e com os dados da Tabela 2, obtidos após a primeira secagem dos 3 tipos de fibra em estufa.

**Tabela 3: Material após ser submerso em 200 ml de água**

Fibra	Massa* (g)
Côco	34,56
Bananeira	34,53
Bambu	34,54

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Em sequência essas fibras ainda úmidas foram submetidas ao processo de secagem na estufa numa temperatura constante de 120 °C, por cerca de duas horas, após a retirada dos materiais da estufa, foi possível observar que as fibras



do bambu e do coco estavam secas, já a fibra da bananeira ainda estava bastante úmida, característica que demonstra em termos práticos o que é exibido pelos dados da Tabela 4

**Tabela 4: Comparação de dados obtidos pelo experimento**

Fibra	Massa após secagem que seguiu o processo de lavagem	Massa após a submersão em 200 ml de água	Diferença de massa após a submersão em 200 ml de água	Porcentagem aproximada de aumento de massa após a submersão
Coco	34,56 g	114,06 g	+79,5 g	230 %
Bananeira	34,53 g	168,06 g	+133,53 g	386%
Bambu	34,54 g	36,06 g	+1,52 g	4,4%

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Após os testes feitos, foi acordado que devido à menor afinidade com a água, a fibra do bambu prosseguiria nos experimentos. A alta absorção e umidade inviabilizam a formação de ligas que possuam algum aglomerante com água em sua composição. Ao término das etapas práticas de medição em laboratório, cujos dados estão organizados na Tabela 5, foi realizado um teste entre o aglomerante e as fibras a fim de analisar o comportamento da mistura e a proporção que deveriam ser combinados. O teste demonstrou que a cola escolhida forma uma liga satisfatória com a fibra e que a proporção aproximada de 2 partes de cola para 1 de fibra de bambu forma um corpo uniformizado entre a concentração dos dois materiais.

Foi possível concluir que a mistura da cola com a fibra do bambu formou uma liga capaz de ser moldada conforme a necessidade de área a ser preenchida na luva.

Após a secagem desta mistura, a liga apresentou a consistência esperada de forma satisfatória, sem apresentar comportamento quebradiço ou solto. Isso permitiu que fossem realizados cortes no material nas dimensões desejadas,





para que posteriormente esse material pudesse ser inserido na luva.

**Tabela 5: Experimento do Ferro efetuado com a luva antes da melhoria**

Temperatura do Ferro (°C)	Temperatura exterior da luva (°C)	Temperatura interior da luva (°C)	Temperatura externa média (°C)	Temperatura interna média (°C)
41	61,0	33,0	57,2	36
	44,9	44,0		
	65,6	32,0		
58	38,6	37,0	40,3	36,6
	41,6	36,0		
	40,9	37,0		
65,1	54,7	42,0	50,5	45,0
	43,4	45,0		
	53,5	48,0		
79,2	65,2	33,0	58,4	36,6
	51,7	42,0		
	58,3	35,0		

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Com grande êxito na inserção desse material na luva, foram realizadas as medições de temperatura na mesma, como exposto na Tabela 6, a fim de comparar os resultados de antes e após a melhoria.



**Tabela 6: Experimento do Ferro efetuado com a luva após a melhoria**

	Temperatura exterior da luva (°C)	Temperatura interior da luva (°C)	Temperatura externa média (°C)	Temperatura interna média (°C)
41	42,0	28,4	42,9	28,5
	43,3	28,5		
	43,6	28,8		
58,2	61,4	30,6	58,9	30,5
	56,3	30,5		
	59,0	30,6		
65,4	59,6	34,3	60,8	33,9
	63,7	33,7		
	59,2	33,7		
79,4	67,3	31,8	71,4	32,2
	73,8	31,4		
	73,2	33,6		

**Fonte:** Autoria Própria (2021)

A fim de averiguar a influência da camada exterior de couro nos resultados após a melhoria, duas camadas sobrepostas de couro foram submetidas às mesmas condições para repetir os experimentos de temperatura.

Os dados obtidos em tal ocasião e expostos na Tabela 7 demonstram, quando comparados aos demais dados das Tabelas 5 e 6, que a camada extra de couro embora influencie, não é responsável pelo significativo aumento do isolamento térmico da luva após a inserção do compósito no EPI.



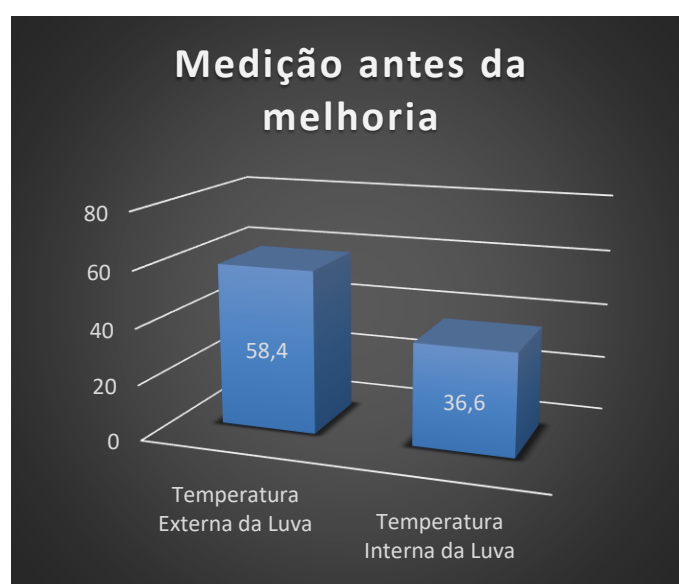
Tabela 7: Experimento do Ferro efetuado com duas camadas de couro (sem a presença do compósito)

Temperatura do Ferro (°C)	Temperatura exterior da luva (°C)	Temperatura interior da luva (°C)	Temperatura externa média (°C)	Temperatura interna média (°C)
41,2	44,6	32,7	42,8	31,8
	39,4	33,3		
	44,6	29,5		
58,3	61,2	35,0	61,7	37,5
	54,1	37,3		
	70,0	40,3		
65,2	67,4	39,4	65,6	36,6
	73,8	36,9		
	55,7	33,7		
79,6	56,4	40,9	68,5	41,0
	81,7	43,3		
	67,5	38,9		

Fonte: Autoria Própria (2021)

Para um melhor discernimento dos dados obtidos, estes foram transcritos para o formato de gráficos de pilha tridimensionais. Os primeiros dados a serem avaliados foram os obtidos no teste de temperatura antes da inserção da mistura de aglomerante com fibra de bambu e estão expostos na Figura 5.

Figura 5: Dados obtidos no teste antes da melhoria

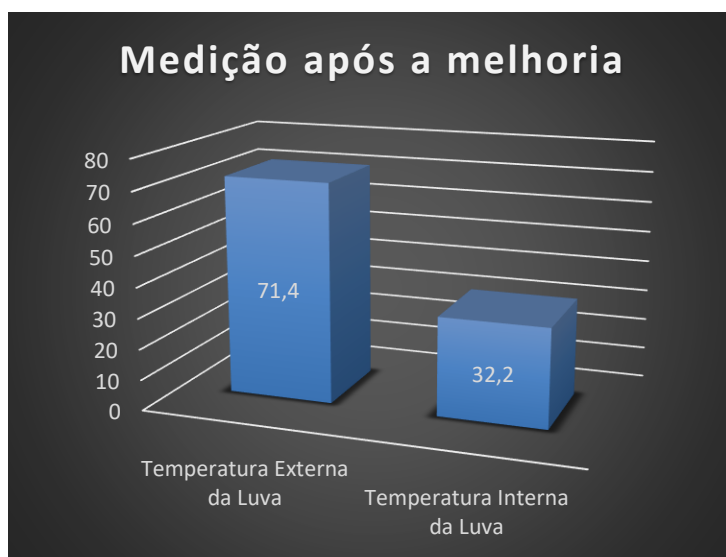


Fonte: Autoria Própria (2021)



Já as informações resultantes do teste de temperatura após a aplicação do compósito no EPI foram reproduzidas na Figura 6 no mesmo formato, facilitando uma comparação entre ambas.

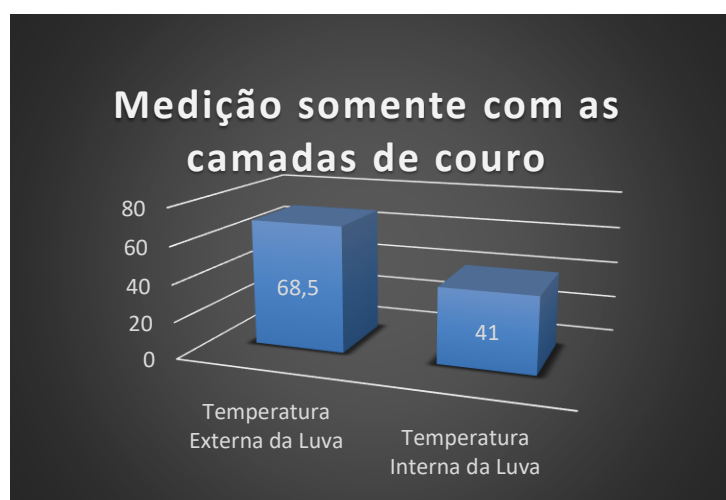
**Figura 6: Dados obtidos no teste após a melhoria**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)

Para avaliar a influência da camada externa de couro adicionada foram repetidos os mesmos testes de temperatura, dos quais os dados obtidos foram descritos em forma de gráfico e expostos na Figura 7, assim como os demais testes.

**Figura 7: Dados obtidos do teste somente com as camadas de couro**



**Fonte:** Autoria Própria (2021)



A partir dessa análise, foi calculado um ganho de isolamento térmico interno na luva de aproximadamente 12%, visto que a temperatura no interior da luva durante a medição usando o ferro quente caiu de 36,6 °C para 32,2 °C com a inserção da melhoria. Tal proporção ilustra e comprova o fato de que a fibra do bambu possui propriedades térmicas consideráveis, que fazem desse material um grande foco de estudos de diversas áreas, incluindo a indústria.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa, pode-se concluir que a fibra do bambu é o melhor material para aprimoramento do EPI: luva de solda dentre todos os selecionados para estudo nesse trabalho. Os outros materiais foram descartados por vários motivos, como por exemplo, a falta de disponibilidade na região em que o trabalho foi elaborado e propriedades físico-químicas não favoráveis ao propósito final desse estudo.

Já a fibra utilizada para formar o compósito, aumentou a capacidade de isolamento térmico do EPI de forma considerável e, portanto pode-se inferir que a utilização desta fibra como adição à luva de solda apresentou características de resistência térmica que a credencia para ser empregada em futuro próximo como adição de baixo custo em EPIs, a fim de melhorar o desempenho do operador, evitando possíveis acidentes por consequência da concentração de calor excessivo na camada interior das luvas.

A fibra do bambu é um material alternativo viável para a engenharia mecânica, do ponto de vista econômico e ambiental e levando-se em consideração apenas os experimentos aqui mencionados, atingindo elevada resistência mecânica, rapidez na dispersão da água e compatibilidade química com diversos tipos de cola para formação de ligas, podendo ser empregado como aliado na confecção de EPI's.

Dado o exposto, conclui-se que o produto final atendeu às demandas objetivas deste trabalho, tanto em termos de sustentabilidade quanto econômicos. Sendo um material de fácil produção e usabilidade é esperado que no futuro este trabalho possa contribuir como base para a pesquisa e o desenvolvimento de materiais e dispositivos sustentáveis que apresentem



qualidade e custo acessíveis.

Desta forma, este projeto é considerado uma oportunidade de apresentar resultados inéditos de novos materiais e aperfeiçoamento dos processos existentes de obtenção dessas fibras e seus modos de fabricação. Sua facilidade de confecção tornará viável a distribuição deste material em diversos setores industriais como nas siderurgias e mineradoras.

Portanto, a importância desse trabalho se eleva em possibilidades reais de mercado e necessidades industriais.

### REFERÊNCIAS

ALBINANTE, S. R. *et al.* Congresso brasileiro de polímeros. **Caracterização química e física das fibras de bananeira dos tipos d'água e prata.** Campos do Jordão, 16 out 2011. 2382- 2387.

ASSMANN, V. **Obtenção de compósitos termomoldados a partir da torta de mamona plastificada com glicerol, derivado do processo de transesterificação de óleos e gorduras.** Dissertação (Mestrado) - Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.

BENINI, Kelly Cristina Coelho de Carvalho. **Desenvolvimento e caracterização de compósitos poliméricos reforçados com fibras lignocelulósicas:** HIPS/fibra da casca do coco verde e bagaço de cana de açúcar. Dissertação (Mestrado) – UNESP Guaratinguetá / Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Materiais, 2013.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D. Ciência e tecnologia. **Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade:** uma contribuição, São Carlos, 2008. 92-99.

RATNA PRASAD, A.V.; MOHANA RAO, K. **Mechanical properties of natural fibre reinforced polyester composites:** jowar, sisal and bamboo. 2011.

ROSA, Vinícius Vicente *Silva*. **Compósitos de polietileno de alta densidade (PEAD) reforçados com biomassa de açaí.** Dissertação (Mestrado profissional em materiais). UniFOA, Volta Redonda, 2019.



**MATERIAIS BIODEGRADÁVEIS PARA SUBSTITUIÇÃO DE POLÍMEROS  
SINTÉTICOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA**

**BIODEGRADABLE MATERIALS FOR SYNTHETIC POLYMERS  
REPLACEMENT: A LITERATURE REVIEW**

**Tiago Brandão Costa<sup>1</sup>  
Caique de Paula Oliveira<sup>2</sup>**

**RESUMO**

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito da produção de blendas poliméricas, com diferentes aplicações. A blenda polimérica é uma alternativa para substituição dos polímeros convencionais, que são utilizados com frequência na produção de embalagens, em torno de 40% da produção. A blenda tem características promissoras, já que uma de suas matérias primas, o amido, tem grande produção mundial, sendo no Brasil sua maior fonte a mandioca. O processo de produção é realizado pelo método de extrusão e suas características mecânicas podem ser obtidas a partir de blendas de amido ou utilizando aditivos na sua matriz. Por fim, é notável a evolução e o avanço das pesquisas acerca do tema dos plásticos biodegradáveis, constatando que é possível, através do uso de blendas poliméricas de materiais naturais, criar polímeros biodegradáveis para, potencialmente, substituir os polímeros comuns utilizados atualmente, visando reduzir o impacto ambiental causado pelos mesmos.

**Palavras-chave:** Polímeros Sintéticos. Biodegradáveis. Blendas Poliméricas. Extrusão.

**ABSTRACT**

The present work aimed to carry out a literature review about the production of polymeric blends, with different applications. The polymer blend is an alternative to replace conventional polymers, which are frequently used in the production of packaging, around 40% of production. The blend has promising characteristics, since one of its raw materials, starch, is widely produced worldwide, with cassava being its main source in Brazil. The production process is carried out by the extrusion method and its mechanical characteristics can be obtained from starch blends or using additives in its matrix. Finally, the evolution and advancement of research on the subject of biodegradable plastics is remarkable, noting that it is possible, through the use of polymeric blends of natural materials, to create biodegradable polymers to potentially replace the common polymers currently used, in order to reduce the environmental impact caused by them.

---

<sup>1</sup> Docente. Curso de Engenharia de Produção. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), Universidade Federal Fluminense (UFF), RJ. E-mail: tiago.brandao@ubm.br

<sup>2</sup> Discente. Curso de Engenharia de Produção. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: caique.depaula2505@gmail.com



**Keywords:** Synthetic Polymers. Biodegradable. Polymer Blends. Extrusion.

### 1 INTRODUÇÃO

Desde os anos 1950, a produção de plástico no mundo tem crescido quase ininterruptamente, partindo de 1,8 milhões de toneladas em 1950 para 456 milhões de toneladas em 2018, totalizando por volta de 8,9 bilhões de toneladas, das quais apenas 600 milhões foram reciclados enquanto 4,9 bilhões se encontram acumulados em aterros sanitários ou na natureza. Destes números ainda, estima-se que 40% da produção atual de plásticos seja destinada à fabricação de embalagens descartáveis.

Considerando os fatores de inviabilidade logística e financeira da reciclagem, se faz notória a necessidade de difundir os materiais biodegradáveis como substituto viável para o plástico comum, sendo estes menos nocivos ao meio-ambiente, como demonstrado por estudos recentes.

De acordo com o dicionário Michaelis (2021), pode-se definir “biodegradável” como “substância que pode ser decomposta por processos biológicos, especialmente pela ação de microrganismos.” Esta definição é um tanto simples, se levado em consideração o caráter científico desta pesquisa, mas pode ser útil para facilitar o entendimento da mesma, visto que, em linhas gerais, é correta.

Já a Sociedade Americana de Testagem de materiais - ASTM (2000) define “plástico degradável” como “um plástico projetado para sofrer mudanças significativas em sua estrutura química sob condições ambientais específicas, resultando na perda de certas propriedades químicas variáveis, como determinado por métodos de testagem apropriados e pela aplicação num período de tempo que determine sua classificação” e “plástico biodegradável” como “um plástico degradável no qual a degradação resulta da ação de microrganismos naturalmente ocorrentes, como bactérias, fungos e algas.” Ainda de acordo com a ASTM, pode-se definir “plástico compostável” como “um plástico que sofre degradação biológica durante compostagem liberando dióxido de carbono, água, compostos inorgânicos e biomassa em uma taxa consistente com outros materiais compostáveis conhecidos e não deixa quaisquer resíduos





visualmente distinguíveis ou tóxicos.”

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo o conhecimento de novos materiais e tecnologias de produção, para a substituição dos plásticos comuns, visto que este é de grande valia ao conhecimento científico, destacando-se que o Brasil ainda ocupa uma pequena fatia de detenção dessa tecnologia.

## 2 METODOLOGIA

Em um trabalho científico o método de pesquisa é de fundamental importância. A metodologia usada pode ser classificada em: a) pesquisa bibliográfica: é realizada a partir de trabalhos publicados em artigos científicos, dissertações, teses e livros, além de matérias em revistas. Pode ser realizada de forma independente ou é parte de de uma pesquisa descritiva ou experimental. b) pesquisa descritiva: essa metodologia baseia-se em analisar, registrar e correlacionar fenômenos, sem modificá-los. (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). c) pesquisa documental: Segundo o site fio.edu.br, essa metodologia busca investigar, a partir de documentos, comportamentos, características, costumes, tanto do presente quanto do passado. d) pesquisa experimental: é um passo inicial para o projeto de pesquisa. Essa metodologia relaciona as causas e os efeitos de um determinado fenômeno. e) pesquisa exploratória: não requer formulação de hipótese para serem testadas. De acordo com o site fio.edu.br, o método busca informações sobre algum assunto de interesse e se restringe por definir objetivos.

No presente trabalho aplicou-se o método de pesquisa bibliográfica de forma independente, para isso utilizou-se de artigos científicos, consultas a sites na internet e livros. A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir de uma cronologia, onde buscou-se informações do tema a partir do ano de 2007 até 2021.

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

Os estudos na área de biopolímeros têm obtido grandes resultados e alcançado sérios avanços ao longo dos últimos anos, principalmente em relação à obtenção, fabricação e biodegradação dos biocompósitos, tendo como



principal matéria prima o amido e as blendas poliméricas.

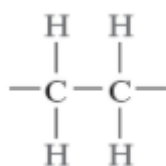
Vale destacar que, em relação aos biocompósitos de amido, apesar de sua abundância e baixo custo, a produção de embalagens compostas por 100% amido, mostra-se inviável visto que apresenta alta higroscopicidade e pouca flexibilidade.(MARENGO; VERCELHEZE; MALI, 2012)

Em contrapartida, as blendas poliméricas são mais promissoras. Obtidas a partir da adição do amido a filmes de uma matriz plástica comum, usualmente o Poliestireno de Baixa Densidade (LDPE ou PEBD), suas características são mais próximas às dos plásticos utilizados no mercado.

Inicialmente vale destacar que os polímeros são derivados de plantas e animais ou podem ser encontrados em sua forma natural, proteínas, enzimas, amido e celulose. São na maior parte de origem orgânica, ou seja, formados por cadeias de hidrocarbonetos, compostos por carbono e hidrogênio.(CALLISTER, 2020)

Os polímeros apresentam cadeias de hidrocarbonetos longas, chamadas de macromoléculas, que se repetem sucessivamente ao longo da cadeia. A pequena molécula em que um polímero é sintetizado é chamado de monômero. Um dos polímeros de maior uso é o Polietileno, cuja sua unidade repetida pode ser observada na Figura 1. (CALLISTER, 2020)

Figura 1- Representação de um monômero de Polietileno

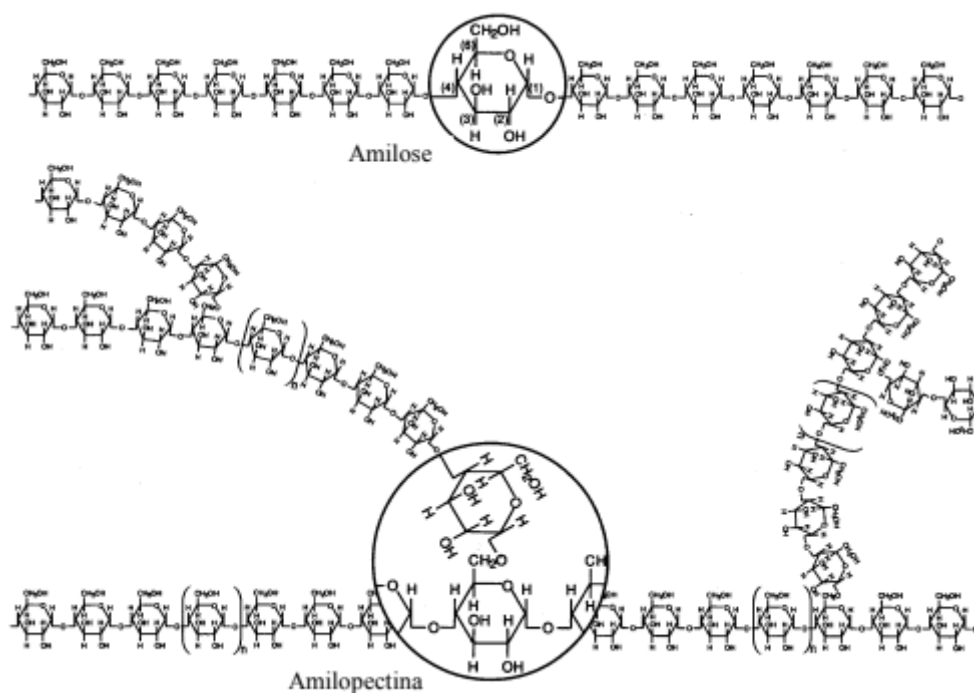


Fonte: CALLISTER (2020)

Já o amido é um polímero natural, formado por amilose e amilopectina (Figura 2). É encontrado em sementes, raízes, tubérculos, bulbos e em alguma porcentagem nos caules e nas folhas dos vegetais. Encontra-se em grandes quantidades na batata, pão, arroz, macarrão e cereais. (UFRGS, 2021)~



Figura 2 - Representação das cadeias de Amilose e amilopectina nas moléculas de amido



Fonte: BONA (2007)

O amido apresenta-se como promissor nessa aplicação, é produzido em grande parte do mundo, apresenta pequeno custo e pode ser utilizado com insumos químicos básicos ou diretamente na composição dos polímeros termoplásticos. (MIRANDA; CARVALHO, 2011).

Para formação das blendas, é ideal que o amido seja extrusado, visando modificar sua cadeia natural, composta por entidades granulares e semi cristalinas, esféricas e poliédricas. O processo provoca alterações nas propriedades funcionais do amido, uma desestruturação dos grânulos, facilitando sua mistura ao polímero sintético. (BONA, 2007)

### 3.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DAS BLENDA POLIMÉRICAS

Em relação à fabricação das blendas poliméricas são empregados dois métodos, termoprensagem e extrusão. De acordo com Bona (2007), a termoprensagem produz materiais demasiado frágeis e de difícil manuseio. Além disso, percebeu-se que a resistência do material formado é inversamente proporcional à quantidade de amido na mistura. Constata-se, que o método mais

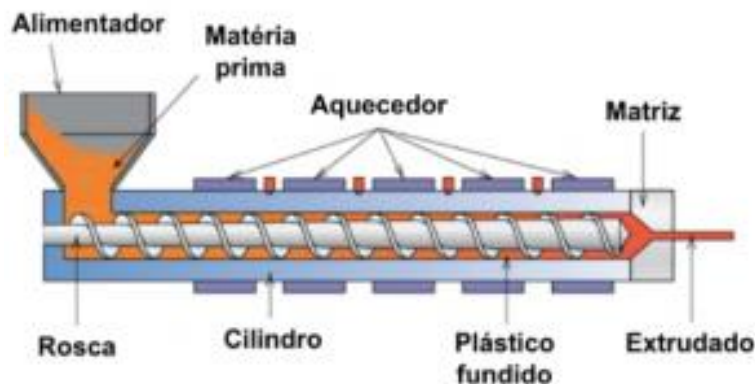


adequado para a obtenção dos filmes de blendas poliméricas é o de extrusão.

A extrusão é um processo contínuo, no qual um polímero fundido é conformado ao ser escoado por uma fenda estreita. O processo é útil ainda para remoção de umidade ou de compostos voláteis e para a incorporação de aditivos ao produto final, (BONA, 2007)

O processo de extrusão é realizado por uma máquina chamada extrusora, (Figura 3), pela qual o polímero fundido é escoado. No interior da máquina há um parafuso que gira durante o escoamento do material, aplicando tensão cisalhante, responsável por misturá-lo e por determinar sua orientação molecular. Apesar de conter muitas variáveis determinantes para o resultado final, algumas de difícil controle, o processo de extrusão ainda assim se apresenta como o mais indicado para realização da mistura de polímeros para formação de blendas biodegradáveis.

Figura 3- Representação esquemática da máquina extrusora



Fonte: ByEngenharia. Disponível em: <https://byengenharia.com.br/o-que-e-extrusao-de-plastico/> Acesso em: 12 ago. 2021.

### 3.2 CRONOLOGIA DOS ESTUDOS REALIZADOS 2007 - 2021

Estudos realizados entre 2007 e 2009, sobre a biodegradabilidade das blendas poliméricas, obtiveram resultados extremamente satisfatórios, como o artigo de Coelho (2008), que foi capaz de produzir um material que, em laboratório, se degradou completamente em 31 dias sob a ação de microrganismos em processo acelerado.

A partir de então, foram realizados estudos que visavam melhorar as



propriedades mecânicas dos materiais formados, adicionando aos mesmos, diferentes substâncias, como diferentes fibras, plastificantes e ácidos. O estudo Miranda *et al.* (2011) conseguiu obter, pela adição de ácido cítrico como compatibilizante à mistura, materiais com melhores propriedades mecânicas, principalmente resistência à absorção de água. Sousa (2012) obteve, pela adição de 3% de sorbato de potássio, um biopolímero capaz de aumentar a vida útil de massas alimentares frescas e de diminuir a umidade interna das embalagens, retardando a proliferação de microrganismos.

Ainda no tema dos aditivos, Negim E.S.M. (2014), obteve como resultado da adição de ácido acético glacial às suas blendas, um material capaz de se biodegradar com expressiva facilidade em solo úmido em laboratório.

De 2016 a 2018, pesquisadores foram capazes de utilizar aditivos para ter maior controle sobre as propriedades mecânicas, como Awale (2018), que pela adição de óleo de palma obteve blendas com maior flexibilidade e estabilidade térmica. Além disso, Pimenta (2018), conseguiu comprovar a compostabilidade das blendas de polímeros e amido.

Já em 2021, Shih (2021), em seu estudo, conseguiu desenvolver um biocompósito de amido para utilizá-lo como embalagem para a preparação de bolinhos, obtendo um material com propriedades mecânicas comparáveis aos dos utilizados regularmente no mercado e maior resistência ao calor, obtido pela combinação de nanofibra de celulose, glicerol e amido de batata ou tapioca. O autor ainda procura desenvolver mais estudos para aumentar as possibilidades de utilização do material obtido em escala industrial.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É, portanto, notável a evolução e o avanço das pesquisas acerca do tema dos plásticos biodegradáveis, constatando que é possível, através do uso de blendas poliméricas de materiais naturais, criar polímeros biodegradáveis para, potencialmente, substituir os polímeros comuns utilizados atualmente, visando reduzir o impacto ambiental causado pelos mesmos.

São várias as matérias-primas que podem ser utilizadas para a fabricação de tais blendas poliméricas, sendo a mais comum, por seu baixo custo e abundância, o amido, que, aliado a plastificantes e outros aditivos, confere à



matriz polimérica maior biodegradabilidade mantendo propriedades mecânicas próximas às adequadas para o uso comercial.

Além disso, é possível constatar que o processo de fabricação mais indicado até então é o de extrusão, por facilitar a mistura de polímeros e aditivos e por gerar produtos finais com melhores propriedades.

É necessário, porém, ressaltar que ainda há empecilhos para a aplicação de tais métodos em escala industrial, sendo os principais o custo advindo dos processos de fabricação e da obtenção de matérias-primas, e a ainda presente dificuldade de controle das propriedades mecânicas do produto final, se comparados aos plásticos comuns.

### REFERÊNCIAS

ASTM Standards, D883-00: Standard Terminology Relating To Plastics. New York, NY: ASTM, 2000.

ANJUM, Anbreen; ZUBER, Mohammad; ZIA, Khalid Mahmood; NOREEN Aqdas, ANJUM, Muhammad Naveed; TABASU, Shazia. Microbial production of polyhydroxyalkanoates (PHAs) and its copolymers: A review of recent advancements. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 89, p.161-174, 2016

BIODEGRADÁVEL. *In*: MICHAELIS. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=0&t=0&palavra=biodegrad%C3%A1vel>. Acesso em: 14 jun. 2021.

BISPO, Stanley Jones Lima. **Estudo das propriedades mecânicas de biocompósitos de polipropileno reforçados com fibras naturais**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFRN, Natal, 2011.

BONA, Jaqueline Ceolin de. **Preparação e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de blendas de amido com polietileno**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, UFSC, Florianópolis, 2007

COELHO, Nadjanes; ALMEIDA, Yeda M. B.; VINHAS, Glória M. **A biodegradabilidade da blenda de poli( $\beta$ -hidroxibutirato-co-valerato)/amido anfótero na presença de microrganismos**. Departamento de Engenharia Química, UFPE, Recife, 2008.

DILKES-HOFFMAN, Leela S.; LANE, Joe L.; GRANT, Tim; PRATT, Steven; LANT Paul A., LAYCOCK, Bronwyn. Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. **Journal of Cleaner Production**, v. 180, p.325-334, 2018.



FRANCHETTI, Sandra Maria Martins. MARCONATO, José Carlos. **Polímeros biodegradáveis** - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. Rio Claro, SP: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2006.

LEONG, Yoong Kit; SHOW, Pau Loke; OOI, Chien Wei; LING, Tau Chuan; LAN, John Chi-Wei. Current trends in polyhydroxyalkanoates (PHAs) biosynthesis: Insights from the recombinant *Escherichia coli*. **Journal of Biotechnology**, v. 180, p.52-65, 2014.

MAIA, Nadya Virgínia Peixoto. **Produção e caracterização de blendas poliméricas com poli(3-hidroxiacetato) (PHA) e amido de milho para produção de plástico biodegradável**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, UFSC, Florianópolis, 2016.

MARENGO, Vitor Almeida. VERCELHEZE, Ana Elisa Stefani. MALI, Suzana. **Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria**. Londrina, PR: Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, 2012.

MIR, Shabir Ahmad; DARA, B.N.; WANIB, Ali Abas; SHAHC, Manzoor Ahmad. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p.141-154, 2018.

MIRANDA, Vinícius R. **Blendas compatíveis de amido termoplástico e polietileno de baixa densidade compatibilizadas com ácido cítrico**. Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, UFSCar, Sorocaba, 2011.

PARKER, Laura. **Poluição por plástico é um problema grave — mas ainda não é tarde demais para solucioná-lo**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2020/10/poluicao-por-plastico-e-um-problema-grave-mas-ainda-nao-e-tarde-demais>. Acesso em: 15 jun. 2021.

PELLICANO, Marília, PACHEKOSKI, Wagner, AGNELLI, José A. M. **Influência da adição de amido de mandioca na biodegradação da blenda polimérica phbv/ecoflex®**. Departamento de Engenharia de Materiais, UFSCar, São Carlos-SP, 2009.

SHIH, Yi-Ting; ZHAO, Yanyun. Development, characterization and validation of starch based biocomposite films reinforced by cellulose nanofiber as edible muffin liner. **Food Packaging and Shelf Life**, 28, 2021

SOUSA, Gardênia Martins de. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos e aplicação na conservação de massa alimentícia fresca**. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, UFG, Goiânia, 2012.



VASCONCELOS, Yuri. **Planeta plástico**. Disponível em:  
<https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

VINHAS, Glória M., ALMEIDA, Yeda M. B. de, LIMA, Maria Alice Gomes de Andrade. **Estudo das propriedades e biodegradabilidade de blendas de poliéster/amido submetidas ao ataque microbiano**. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

WU, Chin-San, LIAO, Hsin-Tzu. Interface design and reinforced features of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch/polyester-based membranes: Preparation, antioxidant activity, and cytocompatibility. **Materials Science and Engineering**, C 70, p.54-61, 2017.





**PARA SOL AUTOMATIZADO  
AUTOMATED SUN VISOR**

**Gustavo de Freitas Santos<sup>1</sup>  
Hugo de Carvalho Silva<sup>2</sup>  
Jurandir Miguel dos Santos<sup>3</sup>**

**RESUMO**

O projeto de inovação está voltado para a área automobilística, visando à segurança do condutor e dos ocupantes do veículo. Uma vez que, na grande maioria dos acidentes de trânsito, a falta de atenção do condutor é a grande vilã da história. O projeto consiste em automatizar o Para sol do interior de veículos, tornando-os mais acessíveis, possibilitando ao condutor acioná-lo através do volante e armazenar a posição desejada em uma memória interna para ser usada novamente quando for necessária pelo motorista para o seu conforto. Para o projeto utilizamos o Arduino UNO na simulação do algoritmo que comandará todo o funcionamento e um servo motor acoplado em uma das extremidades do Para sol, onde realizará os movimentos em ângulos distintos de acordo com a execução do programa em que o motorista estabelecer os parâmetros para o sistema.

**Palavras-chave:** Inovação. Segurança. Automatizado. Programação. Arduino. Servo motor. Parâmetros. Algoritmo.

**ABSTRACT**

The innovation project is aimed at the automotive area, aiming at the safety of the driver and the occupants of the vehicle. Since, in the vast majority of traffic accidents, the driver's lack of attention is the greatest villain in history. The project consists of automating the sun visor of the interior of vehicles, making them more accessible, enabling the driver to activate it through the steering wheel and store the desired position in an internal memory to be used again when needed by the driver for his comfort. For the project we used the Arduino UNO to simulate the algorithm that will control all the operation and a servo motor coupled at one end of Para Sol, where the movements will be carried out at different angles according to the execution of the program in which the driver establishes the parameters to the system.

**Keywords:** Safety. Automated. Programming. Arduino. Servo motor. Parameters. Algorithm.

---

<sup>1</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Barra Mansa

<sup>2</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia de Controle e Automação do Centro Universitário de Barra Mansa

<sup>3</sup> Professor Mestre. Centro Universitário de Barra Mansa – RJ (UBM).



## **1 INTRODUÇÃO**

Nos dias atuais, questões relacionadas a inovações ou criações tecnológicas tornou-se um campo muito abrangente, pois, a humanidade busca desde sempre através das necessidades algo melhor que possa facilitar a sua vida a cada instante. Produzir alguma coisa que ainda não foi pensado não é uma tarefa fácil, devido às várias circunstâncias que possam gerar os obstáculos até o alcance do objetivo.

O projeto busca a automatização de um item de segurança obrigatório em todos os veículos, o Para sol, que fica localizado no teto do carro logo acima da cabeça do condutor, o qual é utilizado para evitar o ofuscamento da vista durante o período de lusco-fusco, que sucede nos horários de mudança do dia para ao anoitecer e vice-versa. Para acioná-lo, o motorista necessita tirar uma das mãos do volante, esta ação por sua vez, gera um potencial de risco mesmo que seja por um breve momento.

Para tal fim, nossa iniciativa tem o propósito de amenizar o risco através da automatização do acionamento do Para Sol. Programaremos a proposta deste sistema automático por meio de um servo motor microcontrolado acionado diretamente pelo volante.

## **2 SEGURANÇA EM AUTOMÓVEIS**

A segurança de modo geral, incorporou-se em todos os segmentos da vida humana gradativamente, de acordo com o crescimento da conscientização do homem sobre esse tema. Os itens de segurança proporcionam a redução de danos aos integrantes do veículo, não é exagero afirmar que são de suma importância para proteger a vida do condutor em todo esse processo de condução, pois diminuem as vítimas em acidentes de trânsito.

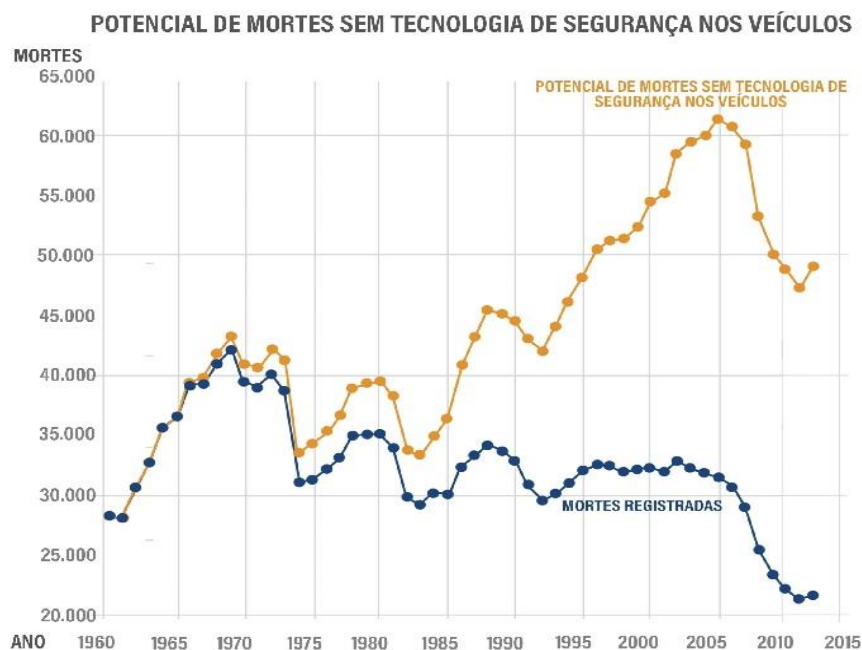
Conforme verificado por Helena, Moraes, & Carlos (2003), uma pesquisa realizada segundo a Associação Brasileira de Medicina do Tráfego - ABRAMET apontou que nas mortes decorrentes de acidentes de trânsito no Brasil, 60% estão relacionadas com traumas no crânio e os 40% restantes se dividem em lesões na região torácica. Trata-se inegavelmente de danos fatais, mas quando não matam deixam lesões irreversíveis aos acidentados seria um erro continuar



a trafegar pelas vias sem nenhuma proteção, porém, na cidade de São Paulo em 1994, após seis meses do decreto municipal que obriga os condutores a utilizarem o cinto de segurança em perímetro urbano, notou-se uma diminuição de 100 mortes relacionadas ao trânsito e de 500 pessoas feridas gravemente. Desse modo o uso dos dispositivos de segurança veicular torna-se eficaz a partir do momento em que a consciência humana não interfira.

Pode-se perceber no gráfico abaixo segundo a Administração Nacional de Segurança Rodoviária dos EUA, que a tecnologia voltada a segurança veicular pode influenciar de forma significativa na redução de mortes por acidentes de trânsito.

**Gráfico 1 – Potencial de mortes sem tecnologia de segurança**



Fonte: WRI, baseado nos dados de NHTSA.

Fonte: LUKE; SHARPIN (2019)

Conforme explicado acima, é importante destacar na ilustração que alguns países da América do Sul como o Brasil não possuíam os padrões mínimos de segurança iguais aos países de primeiro mundo, um exemplo é o Air Bag que só passou a ser obrigatório no Brasil nos carros fabricados a partir de 2014. Os automóveis com maior tecnologia proporcionam grande desempenho



e segurança em situação de colisão do que os do passado. Sendo assim, se faz necessário o uso adequado dos itens de segurança nos veículos durante a condução, na qual a ação humana é fator primordial na segurança. É sinal de que há, enfim, uma necessidade tanto do desenvolvimento tecnológico quanto da conscientização dos condutores.

A segurança em automóveis originou-se da necessidade de refrear o aumento súbito de acidentes de trânsito provocados pela invenção de Karl Benz em janeiro de 1886. Caso contrário, certamente teríamos um valor exponencial do número de acidentes atuais.

### 2.1 PARA SOL AUTOMOTIVO

Atribui-se ao Para sol automotivo por definição um dispositivo situado no teto acima da cabeça do motorista e do passageiro da frente de qualquer veículo que possua cabine. São compostos de articulações em sua fabricação para serem posicionados conforme necessidade dos ocupantes, a fim de bloquearem os raios solares direcionados à vista. Um equipamento simples e de uso regular como nos assegura Mattson (2017).

Como nos afirma Jocar (2018), este item de segurança é importante para bloquear o brilho da luz do sol que atinge os olhos do motorista. Deste modo, fica claro o bloqueio contra o ofuscamento na vista. Não é exagero afirmar que esse dispositivo é de vital importância, isso porque é o único item existente dentro do veículo para tal finalidade conforme mostrado na figura abaixo.



**Figura 1 – Para sol**



**Fonte:** FLICKR

O Para Sol é um dispositivo de segurança, usado para evitar ofuscamento momentâneo da vista de motorista que conduzem o veículo nos horários de transição do sol, mas somente isso não evita os acidentes, temos que ter como base a conscientização dos motoristas que começa antes mesmo de ligar o carro, como por exemplo, a verificação da integridade mecânica do veículo ou o planejamento de horários e percursos de uma viagem. Os itens de segurança como o Para Sol, e tantos outros que compõe os veículos atuais, não conseguem melhores resultados, pois sempre irão depender do fator humano como uma variável.

## 2.2 LUSCO-FUSCO

O lusco-fusco ou crepúsculo, é o momento de transição entre dia e a noite no qual, usamos o Para Sol dos veículos para evitar a projeção direta dos raios solares em nossos olhos, gerando assim um ofuscamento momentâneo do mesmo. É importante considerar que nosso horário habitual de trabalho está ligado diretamente com a transição do sol, seja porque somos naturalmente seres diurnos e construímos a maior parte das funções da sociedade durante esse horário. É notório que isso resulta em um grande volume no trânsito nesses horários acarretando também, no aumento de acidentes de trânsito. Podemos observar que esse momento de transição citado por Brewer (1874) dita



o ritmo das nossas vidas desde o princípio.

Sendo assim, o lusco-fusco é um fenômeno que estamos expostos, portanto, torna-se evidente que necessitamos estar em convívio seja no trânsito ou nos demais ambientes em que está sob o efeito do sol. Vê-se, pois, que se tratando da segurança de veículos, temos um único dispositivo destinado para proteger os ocupantes de um automóvel, que é o Para Sol. Logo, é indiscutível o fato da necessidade de estarmos atentos e conscientizados sobre seus riscos bem como o uso de métodos e dispositivos necessários para evita-los.

### 2.3 CONTRAN

O Conselho Nacional de Trânsito CONTRAN é responsável na criação de normas que regulamentam o trânsito no país e também fiscalizam os demais órgãos relacionados ao trânsito. O projeto foi embasado em três resoluções do CONTRAN, sendo eles:

-Resolução N° 699, de 10 de outubro de 2017. Regulamenta o registro e licenciamento de veículos de fabricação artesanal e/ou modificações de acordo com artigo 106 do código de trânsito brasileiro, no qual estabelece padrões mínimos para a circulação de veículos atribuídos ao certificado de segurança veicular.

Resolução N° 711, de 25 de outubro de 2017. Estabelece conteúdo mínimo de segurança no trânsito, apresentação de normas de circulação, infrações e penalidades, direção defensiva e primeiros socorros bem como o código de trânsito brasileiro.

Resolução N° 717, de 30 de novembro de 2017. Na qual estabelece estudos técnicos, cronogramas e regulamentação dos itens de segurança veicular.

### 2.4 SEGURANÇA ATRAVÉS DA AUTOMAÇÃO

A implementação da Automação na Segurança de diversos segmentos como aviação, indústria e automóveis trouxe maior confiabilidade nas operações destes diferentes ramos. O uso da Automação está mais abrangente desde o seu início nos setores fabris. Hoje podemos observar mesmo que implicitamente o seu uso na sociedade, como no trânsito através dos semáforos e radares, nos hospitais através de equipamentos de monitoramento e cirurgias a distância



como nos diz Silva *et al.*, (2018). Tais tecnologias agora visam não somente auxiliar ou eliminar o esforço humano, mas sim realizarem a importante tarefa de proteger bens materiais e a própria vida humana.

A Automação na sociedade mostra ser fundamental para nossa segurança física e patrimonial. Por essa razão, tem particular relevância quando se trata de seu uso para nos prevenir ou amenizar os danos provocados por algum sinistro. Mesmo porque debate-se ainda hoje sobre alguns preceitos de seu uso, partindo da ideia que os acidentes são provocados na sua maioria pelo homem, a utilização de veículos autônomos, os quais não precisam da ação humana para se locomover. Teoricamente essa mudança reduziria drasticamente os acidentes no trânsito, mas é importante considerar que essa tecnologia ainda não é acessível a todos e ainda precisa ser aprimorada, mas podemos ver sua implementação nos carros mais tecnológicos como, por exemplo, os carros da Marca americana Tesla.

**Figura 2 - Tesla Model S**



**Fonte:** MENDES (2016)

Os carros Autônomos são hoje o máximo da tecnologia embarcada em automóveis, sendo vista como a tecnologia capaz de transitar veículos sem a supervisão de um motorista. Mas antes mesmo já estava presente nos carros



com outras funções como o de controle de velocidade, monitoramento de frenagem, sensoriamento para detecção de obstáculos e usuários nas vias entre outros, auxiliando o condutor durante a condução. Para classificar os níveis de automação nos veículos, foi criado pela Sociedade dos Engenheiros Automobilísticos (SAE), especificações em cinco níveis diferentes desde o nível zero, que atribui veículos com alguma função que auxilia o condutor, até o nível cinco que tem total autonomia sobre o automóvel.

### 2.5 AUTOMAÇÃO ATRAVÉS DO ARDUINO

Compreende-se como Arduíno sendo como um microcontrolador destinado a realizar desde atividades didáticas até sistemas de controle em indústrias pode ser assimilado ao CLP com uso doméstico. O dispositivo dispõe de uma série de entradas e saídas as quais são ligadas em atuadores e sensores entre outros dispositivos para serem controlados, e utiliza uma variação da linguagem C++ para realizar suas lógicas. O Arduíno é uma plataforma aberta e possui uma grande comunidade de usuários e entusiastas que atraiu devido a sua simplicidade, preço e fácil compreensão para os usuários.

Ao Arduíno cabe a função de controlador nesse processo, ele realiza através das sketches e com o uso das bibliotecas, as lógicas necessárias para garantir o set point do sistema de acordo com Stevan Junior e Silva (2015). Como a plataforma é bem difundida e cresceu desde sua concepção, é fácil achar tanto sensores como atuadores dedicados para a família Arduíno, que são chamados shields, projetados especificamente para esses microcontroladores.

Pode-se dizer que a plataforma do Arduino por utilizar a linguagem C++ tornou-se de fácil acesso. Fica claro que não somente pessoas do meio acadêmico mais sim qualquer indivíduo pode utilizá-lo. O interessante, contudo, é notar a rede formada pelos usuários, a qual se expandiu desde o início do microcontrolador, tornando o Arduino como uma das melhores plataformas de ensino e projetos.

### 2.6 EXECUÇÃO DE FUNCIONAMENTO DO PROTÓTIPO

Para concepção do projeto, idealizamos o uso de um microcontrolador de



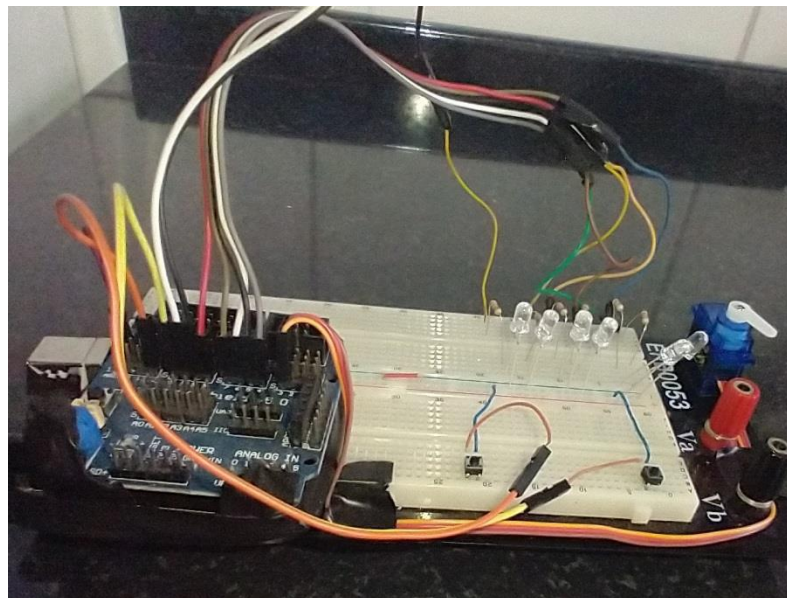


baixo custo e fácil aplicabilidade, tendo em vista que o projeto não está focado no produto final, mas sim, no seu conceito, para isto utilizamos a plataforma Arduino, especificamente modelo UNO R3.

O trabalho tem o propósito de automatizar o Para Sol dos veículos automotores, o processo resume-se em acionar o Para sol sem retirar as mãos do volante durante o acionamento do dispositivo. Através de dois botões o acionamento do dispositivo possibilitará também ao condutor o armazenamento da posição ideal em uma memória interna do Arduino.

Para realizarmos os testes no Arduino, utilizamos um protoboard juntamente com seis LEDs de alto brilho, nas cores vermelho, azul e branco, resistores e uma fonte de 12V de corrente contínua ajustável, como ferramentas para a obtenção dos resultados. Os LEDs foram inseridos na programação única e exclusivamente para sinalizar as funções dos botões, assim sendo, se por algum motivo ocorrer um erro na execução das funções, tornaria perceptível a distinção entre os botões e os comandos do servo motor.

**Figura 15 – Layout de teste**



**Fonte:** Autores

Para a execução das três funções de cada botão foi dispostos um LED por botão e um LED por função, sendo então, dois botões vezes três funções, totalizando em seis LEDs. Os LEDs de cor vermelha sinalizam a função de



Posicionamento/Gravação, os LEDs de cor azul sinalizam a Gravação de posição e por último os LEDs brancos indicam o acionamento do servo motor.

Na execução da programação, essa realizada pelo IDE Arduino, que é o software dedicado para elaboração de programas lógicos, foi utilizado como base um exemplo de funcionamento de servo motor já contido dentro da programação do IDE. O software utiliza como base a linguagem de programação C++, por isso, utilizamos funções condicionais chamados de (IF) e (SWITCH) estes por sua vez manipularam os sinais recebidos dos botões a fim de operar a lógica estabelecida.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O desenvolvimento do projeto ofereceu um estudo sobre a utilização da automação como ferramenta de segurança através de uma plataforma didática, avaliando os meios empregados pelo homem para obter segurança nos veículos. O projeto permitiu o acionamento do Para Sol automotivo através de um servo motor controlado pelo Arduino. Durante o desenvolvimento de sua programação ocorreram conflitos criados pelo uso de várias funções atribuídas a uma única variável, a solução para os erros encontrados foi através do uso intercalado de funções. O protótipo serviu como ferramenta de teste para as programações elaboradas ao longo do desenvolvimento, foi fundamental para as mudanças necessárias para o funcionamento adequado do mesmo. Dada à importância de um setor crescente nos últimos anos, a segurança aliada ao conforto segue trazendo soluções ao meio automotivo se faz necessário no meio acadêmico e científico mais conteúdos voltados ao tema de modo geral, a fim de fomentar aqueles que procuram esse segmento. Desse modo, a utilização do para sol automatizado permitem não somente um maior conforto dentro de um veículo, como reduzir o tempo de distração, permitindo o condutor permanecer alerta durante uma viagem com as mãos sempre no volante.

### **REFERÊNCIAS**

BREWER, C. **A chave da ciencia**. Tradução de Marianno Cordeiro Feyo. Nova York: Mattos Moreira e CIA, 1874.



FLICKR. **Foto 1.** Disponível em:

<https://www.flickr.com/photos/mrmatt/2141229491/in/photostream/>. Acesso em: 08 jun. 2020.

SILVA, B. da *et al.* **Automação & sociedade**: quarta revolução industrial, um olhar para o Brasil. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

JOCAR, D. D.. Jocar Peças e acessórios para veículos Ltda. **Blog da Jocar**, 17 nov. 2018. Disponível em: <https://blog.jocar.com.br/quebra-sol-um-item-indispensavel-para-manter-a-visibilidade-do-motorista/>. Acesso em: 08 jun. 2020.

LUKE; SHARPIN. 8 ações para reduzir as mortes no trânsito a partir da abordagem de sistemas seguros. 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2019/02/8-aco-es-para-reduzir-mortes-no-transito-partir-da-abordagem-de-sistemas-seguros>. Acesso em: 08 jun. 2020.

MATTSON, F. **Automotive upholstery & interior restoration**. Forest Lake: CarTech, 2017.

MENDES, Fábio. Disponível em: <https://www.car.blog.br/2016/07/motorista-morre-assistindo-filme-dentro.html>. Acesso em: 08 jun. 2020.

MCROBERTS, M. **Arduino básico**. Tradução de Joice Elias Costa. São Paulo: Novatec, 2018.



## QUEIMA EXCESSIVA DE MOTORES DE TRACÇÃO DE UMA MÁQUINA RETOMADORA

### EXCESSIVE BURNING OF TRACTION ENGINES OF A RETURN MACHINE

José Nilton Cantarino Gil<sup>1</sup>  
Eduardo José Corga Neto<sup>2</sup>  
Fagner Medeiros<sup>3</sup>  
Luan Julio Lopes Gomes<sup>4</sup>

#### RESUMO

Os estudos relacionados às máquinas elétricas sempre fizeram parte da engenharia de projetos desde a segunda revolução industrial, onde o mundo presenciou o quão significativo era o uso da energia elétrica para processos industriais ao invés do carvão, como visto na anterior. Ainda que motores elétricos não sejam invenções recentes, sua aplicabilidade e melhoria aumentam a cada dia mais desde sua concepção. A Engenharia avançou de maneira colossal em relação ao desenvolvimento e manutenção de tais máquinas, de modo que não apenas o trabalho realizado por estas importava, se tornou cada vez mais importante garantir a confiabilidade do equipamento para perenizar os resultados industriais, isto é, uma máquina que esteja a maior parte do seu tempo, em operação constante e controlada, para que a qualidade do que se produz seja a maior possível e o custo de fabricação cada vez menor. Alinhado com essa diretriz, este estudo visa demonstrar como uma análise de Engenharia de campo pode auxiliar na longevidade de motores de indução trifásicos por meio do controle de temperatura de seus enrolamentos e carcaça

**Palavras-chave:** Resfriamento. Motor de indução. Superaquecimento. Manutenção.

#### ABSTRACT

Electric machinery's related studies have always been part of Project Engineering since second industry revolution, where the world noticed how significant was the usage of electrical energy on industrial processes rather than coal, as seen at the past one. Even if electrical motors are not recent inventions, their applicability and improvement are increasing every day more since their conception. Engineering advanced by a colossal way regarding the development and maintenance of such machines, so not just the work made by these mattered, it became more and more important to grant the equipment's reliability to perpetuate the industrial results, that is, a machine that works most of its

<sup>1</sup> Docente – Curso de Engenharia Elétrica– Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ - E-mail: jnilton@ubm.br;

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: eduardocorga@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: fagner.medeiros9@gmail.com

<sup>4</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: luan-320@hotmail.com



time in a constant and controlled operation, for the quality of what is produced be as greater as possible and the cost of production lesser. Following this guideline, this study aims to demonstrate how a field engineering analysis can help in the longevity of three-phase induction motors by controlling the temperature of their windings and housing.

**Keywords:** Cooling. Induction motor. Overheating. Maintenance.

### 1 INTRODUÇÃO

Os motos redutores que são motores acoplados em caixas redutoras, estão empregados em larga escala no meio industrial, sua função é fornecer movimentos rotativos através do motor e com o torque elevado através do redutor. Devido à decorrente demanda de troca de moto redutores de uma máquina de estocagem e retomada de material em um setor de tratamento de matérias primas, de uma empresa siderúrgica, foram levados em consideração estudos visando amenizar os impactos que tais panes ocasionavam, consistindo basicamente em paradas no abastecimento dos alto fornos e sinterizações. Através da necessidade de encontrar métodos para amenizar este impacto, foram levadas em consideração as condições de funcionamento do motor, e com isso chegou-se a um ponto comum em que a ventilação dos motores seria a solução mais coerente em termos de custo-benefício. A temperatura de motores elétricos industriais em funcionamento é mantida em níveis adequados através de seu regime de funcionamento bem dimensionado e o sistema de resfriamento, que pode ser tradicional ou mais customizado, dependendo da complexidade da aplicação. Além disso, os níveis de ruídos gerados por tais máquinas não devem ultrapassar os limites exigidos. O objetivo geral do trabalho é desenvolver uma análise da causa das queimas excessivas dos motoredutores que realizam a translação das máquinas citadas previamente, por meio da avaliação do desempenho do sistema de ventilação e do regime de funcionamento. Tais avaliações serão possíveis por meio da fundamentação teórica de alguns parâmetros do motor de indução trifásico, compreensão do que é um inversor de frequência e seu papel no processo, determinação de um regime de funcionamento coerente para a necessidade de operação do maquinário e as particularidades que um sistema de ventilação traz para o processo.



### 2 DESENVOLVIMENTO

Uma máquina retomadora é usada em aplicações em pátios de matérias para o manuseio de material, sendo a principal função destas recuperar os materiais como minérios e cereais de um estoque e a empilhadeira armazená-los. Estas máquinas são equipamentos volumétricos e tem sua classificação em  $m^3/h$  (metros cúbicos por hora) de acordo com sua capacidade de carga, o que muitas das vezes é convertido para unidade de  $t/h$  (toneladas por hora) com base na densidade estipulada por material. De acordo com a norma NBR 6177 que regulamenta o uso e as especificações das máquinas retomadoras, uma “Retomadora (reclaimer) denomina-se como: Conjunto mecânico móvel e/ou giratório, usualmente instalado em pátio de armazenagem com a função de retomar o material empilhado.”

Como sendo máquinas de grande porte, normalmente se locomovem através da translação sobre trilhos entre as pilhas do pátio, majoritariamente em três direções: horizontal, vertical e por “basculamento”, ou seja, rotacionando a lança como é visto na figura 1.

**Figura 1: Máquina Retomadora**



**Fonte:** ASPEC Engenharia de Mineração.

A translação da máquina se dá por um grupo de 8 MIT's de 10CV que são acionados ao mesmo tempo, com uma rampa de aceleração de 2 segundos controlados por um inversor de frequência comum entre eles. Estes motores são acoplados há um conjunto de redutores que são ligados ao sistema de “truck” que faz parte do sistema de traslado do equipamento com uma carga de aproximadamente 8 toneladas de material.

Com relação a operação do MIT (incluindo partidas e paradas),



observamos que partidas muito demoradas em que o conjugado do motor é ligeiramente superior ao conjugado resistente, a sobre corrente absorvida enquanto a velocidade nominal não é atingida, gerando o aquecimento excessivo do conjunto completo, do mesmo jeito que uma mudança brusca no sentido de rotação pode induzir avarias no estator. É fundamental assegurar-se que o conjugado de partida seja suficiente através da escolha de um motor adequado, uma vez em que não é possível controlar a carga acoplada no conjunto, sendo impossível assim, controlar o conjugado resistente.

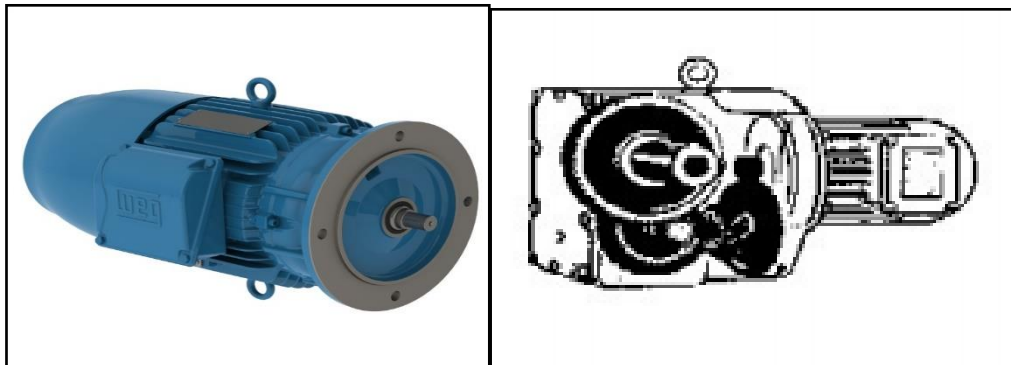
O equilíbrio nas condições ideais de funcionamento do motor, tem relação direta com o equilíbrio nas tensões de alimentação. Uma queda de tensão limita o fluxo magnético, reduzindo as perdas no ferro e na corrente em vazio, porém, o conjugado do motor deve superar o conjugado resistente, para assim evitar o aumento em grande escala do escorregamento. Como o conjugado é a função do produto entre o fluxo e a intensidade de corrente nele exercido, assim se há uma diminuição do fluxo e a intensidade da corrente diminui. Com a queda de tensão há um aumento considerável na corrente, o MIT se aquece e assim produz mais energia térmica o que cria um aumento da perda em seu enrolamento fazendo também que exista uma diminuição da vida útil do isolamento.

### 2.1 ESPECIFICAÇÃO DO MOTOR

A análise desenvolvida no presente trabalho é referente ao sistema de ventilação de um motor de indução trifásico 132M, forma construtiva B3T. Tal motor também apresenta uma classe de isolamento F, código de proteção IP55 e código do método de resfriamento IC 411. Observa-se na figura 2, o conjunto montado do motor analisado.



Figura 2: MIT WEG Motofreio B3T 132M 6P 10CV



Fonte: Catalogo WEG

O sistema de ventilação do conjunto mostrado na figura 2 que pode ser classificado segundo o escoamento, como uma máquina de fluxo misto ou diagonal, com um rotor de pás retas. A imposição de projeto no uso de pás retas, ao invés do uso de pás curvas ou de ventiladores axiais, mais eficientes e menos ruidosos, vem do fato de que o sistema ventilador deve apresentar a mesma eficiência para ambos os sentidos de rotação, pois existem muitas aplicações onde há reversão de sentido de giro durante o regime de trabalho, ou seja, o sistema de ventilação deve ser reversível. Este requisito impõe a mais séria restrição ao projeto destes sistemas, e diferencia este ventilador da maioria dos ventiladores estudados em outros trabalhos disponíveis na literatura. Isto acarreta a necessidade de desenvolver correlações e metodologias específicas de projeto e constitui-se na principal motivação deste trabalho.

Existem perdas pelo chamado efeito Joule (perda por conversão de parte da potência elétrica em térmica), e tais perdas são originadas por um campo de densidade de fluxo de corrente tridimensional e variável no tempo. Ainda, a resistividade elétrica nos condutores e a resistividade elétrica nos contatos entre chapas e demais componentes, além de ser de difícil quantificação, também varia localmente com a temperatura. Mesmo os modelos tridimensionais transientes que simulam a distribuição de campo elétrico e campo magnético nos componentes do motor apresentam simplificações geométricas, em termos de propriedades e fenomenológicas. Acrescente ainda as dificuldades experimentais de medição de perdas em rolamentos, rotor e outros, assim, é extremamente difícil quantificar todas as parcelas de geração de energia térmica.





Portanto, classificam-se como perdas suplementares todas as perdas que são de difícil quantificação, teórica ou experimental, mas que, no entanto, estão presentes a fim de que o princípio da conservação de energia no motor seja satisfeito (diferença entre a potência elétrica fornecida ao motor e a potência resultante no eixo de saída).

A energia térmica gerada afeta o sistema de isolamento do motor, e assim causando uma diminuição da vida útil. Segundo os fabricantes, uma redução de temperatura entre 8° C a 10 °C, pode dobrar a vida útil do sistema de isolamento das bobinas do MIT. Este vai progressivamente deteriorando, conferindo-lhe um aspecto ressecado, até o ponto de não suportar mais a tensão aplicada e permitir o curto-circuito. Assim, quanto mais altas as temperaturas de operação, mesmo que estas estejam abaixo do limite da classe de isolamento do motor, mais rápido é o envelhecimento. Além do problema do aquecimento no sistema de isolação, tem-se, o aquecimento dos mancais, principalmente o dianteiro. Isto acarreta uma sensível redução do período de lubrificação, ou até mesmo, a impossibilidade da operação do motor por um período elevado quando a temperatura de trabalho do mancal for muito superior ao recomendado.

O calor gerado pelas perdas no interior do motor é dissipado para o ambiente por meio da superfície externa. Em um MIT blindado (carcaça fechada), essa dissipação ocorre com o auxílio do ventilador montado no seu eixo. Para obter uma boa dissipação de calor, são necessários de alguns quesitos, como: um bom sistema de ventilação, condições de trabalho adequadas, área total de dissipação na carcaça, uma diferença de temperatura entre superfície externa e o meio de trabalho.

Se uma carga que exige partida frequente eleva a temperatura do motor excessivamente, ventilação forçada irá prolongar a vida útil do isolamento do motor. A ventilação deve continuar por algum tempo após o motor ser desligado (a extensão desse tempo depende do tamanho do motor etc.). (HAND, 2015.)

Um sistema de ventilação bem dimensionado, proporciona uma eficiência maior na ventilação, sendo capaz de produzir grande volume de ar, assim, dirigindo essa massa de ar de modo a cobrir toda carcaça do MIT, onde ocorre a troca de calor, observando também que, essa massa não se dissipe antes de atingir a carcaça do motor.

A área de dissipação deve ser a maior possível, porém, um motor com



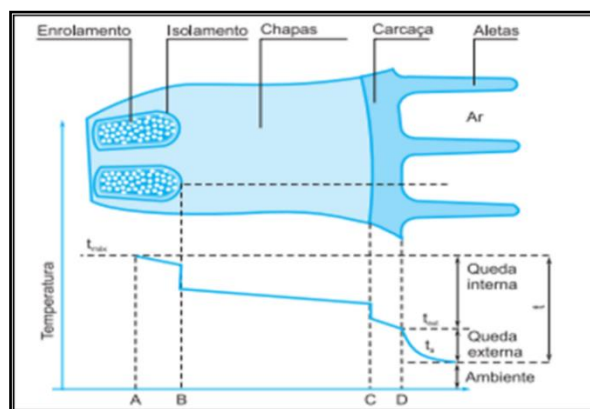
uma carcaça muito extensa, seria inviável por ocupar muito espaço e agregar um peso maior a máquina. Isso é compensado em parte, aumentando-se a área disponível por meio de aletas de resfriamento do motor.

Para obter um bom sistema de resfriamento, é necessário que consiga obter uma dissipação em maior quantidade de calor disponível, através da menor área de dissipação. Para isso, é necessário que a queda interna de temperatura, mostrada na figura 3 a seguir, seja minimizada. Isso se deve a uma ótima transferência de calor do interior do MIT até a superfície externa (carcaça). Com isso, queremos limitar a elevação de temperatura no enrolamento, evitando um superaquecimento da máquina. A diferença total ( $\Delta t$ ) é chamada de “elevação de temperatura” do motor, como podemos ver na figura, se dá pela soma da queda interna com a queda externa.

A seguir, será abordado de maneira sucinta a exemplificação demonstrada na figura 3 de acordo com a fabricante dos motores utilizados:

- Ponto A – É o ponto mais quente do enrolamento, sendo no interior da ranhura onde está o ponto que se gera o calor proveniente das perdas nos condutores;
- Ponto AB – Está a queda de temperatura na transferência de calor entre o ponto mais quente até os fios externos, como o ar não é um condutor ideal de calor, é de suma importância que não haja espaços vagos no interior da ranhura, isto é, as bobinas devem ser compactadas e envoltas com verniz para que preencham o máximo possível dos espaços;

**Figura 3 - Esquema de irradiação de temperatura no MIT**



Fonte: Guia de motores WEG



- Ponto B – Queda através do isolamento da ranhura e no contato deste com os condutores de um lado, e com o núcleo do outro. O dimensionamento na construção do MIT com materiais mais modernos proporciona uma melhor transmissão de calor através do isolante. A impregnação perfeita tem como finalidade melhorar o contato do lado interno a fim de eliminar os espaços vazios e com o alinhamento das chapas estampadas, melhora o contato do lado externo;
- Ponto BC – Queda na temperatura por transmissão pelas chapas do núcleo;
- Ponto C – Queda no contato entre o núcleo e a carcaça. A condução do calor será mais eficiente quanto melhor for ajuste de contato entre as partes, com o bom alinhamento das chapas e sua precisão na usinagem da carcaça. A superfície demanda atenção em sua construção, pois, uma superfície irregular, deixam espaços vazios resultando o mau contato que ocorre uma má condução de calor.
- Ponto CD – Queda da temperatura por transmissão através da espessura da carcaça do MIT. Por fim, o calor é transmitido do interior do material da carcaça por condução e deixa o motor na superfície externa por convecção superficial e por radiação, sendo dissipado para o ambiente.

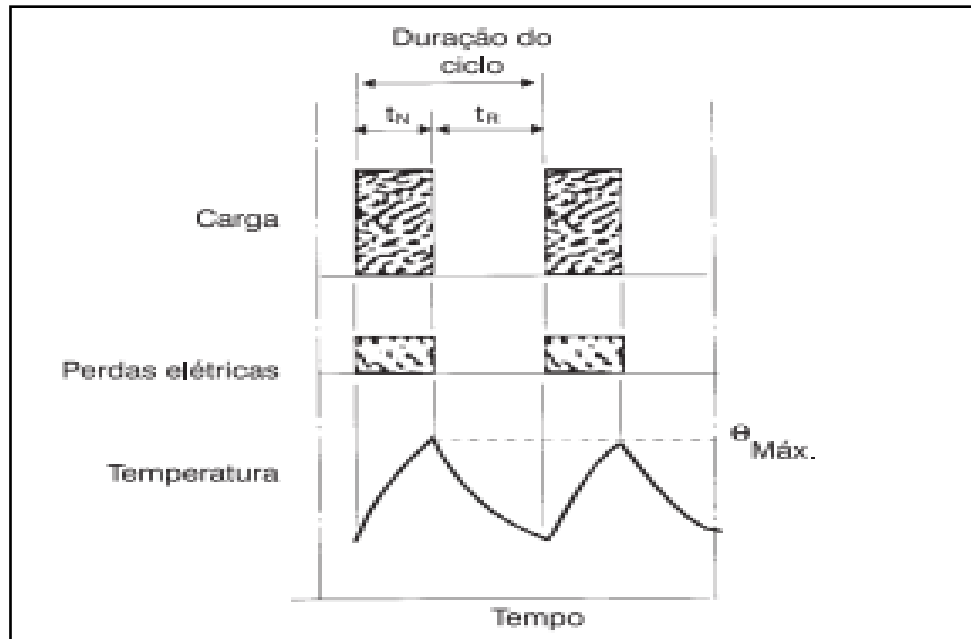
### 2.2 REGIME DE TRABALHO

Na aplicação estudada, há a demanda de um tipo específico de partida, que observando em testes, não atende de maneira a tornar o funcionamento perene, isto é, sem paradas excessivas por panes.

Analisando sua curva de partida representada na figura 4, o motor em questão tinha um regime de trabalho dimensionado para o tipo S3. Neste regime a corrente de partida não afeta de modo significativo a elevação de temperatura.



Figura 4: Regime de funcionamento S3



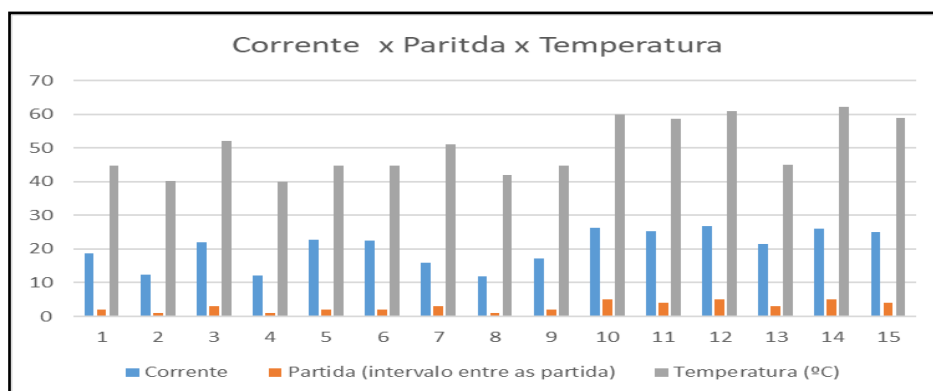
Fonte: Catálogo WEG

Porém, conforme mostram as análises, a temperatura interna do motor ainda sofria aumento com essa configuração, por conta de inúmeras partidas e frenagens bruscas, todas provenientes da sequência de acionamentos frequentemente realizados pelo corpo operacional. Tal relação, fazia com que as perdas elétricas não sofressem elevação considerável além disso, ocorressem durante menos tempo, entretanto com mais frequência. Essas observações estão plotadas no gráfico 1 abaixo em conjunto com os dados da tabela 1:

Em reparos realizados nos MIT's, para verificar o estado do estator e do rotor, o cenário encontrado foi o representado abaixo na figura abaixo. Bobinas com coloração alterada devido a perda do esmalte decorrente do aquecimento mostrado



Gráfico 1: Dados do regime S3



Fonte: Ensaios realizados em campo pelos autores.

Tabela 1: Dados do Regime S3

Corrente	Partida (intervalo entre as partidas)	Temperatura (°C)
18,6	2	44,8
12,3	1	40,2
22,1	3	52
12,2	1	40
22,8	2	44,8
22,6	2	44,8
16	3	51
12	1	42
17,2	2	44,8
26,4	5	60
25,4	4	58,6
26,8	5	61
21,5	3	45
26	5	62,3
25	4	59

Fonte: Ensaios realizados em campo pelos autores.

Segundo Mohan 2015, “as perdas no núcleo e as perdas por atrito e ventilação são essencialmente independentes da carga, enquanto as perdas adicionais e nos enrolamentos variam com o quadrado da carga”.



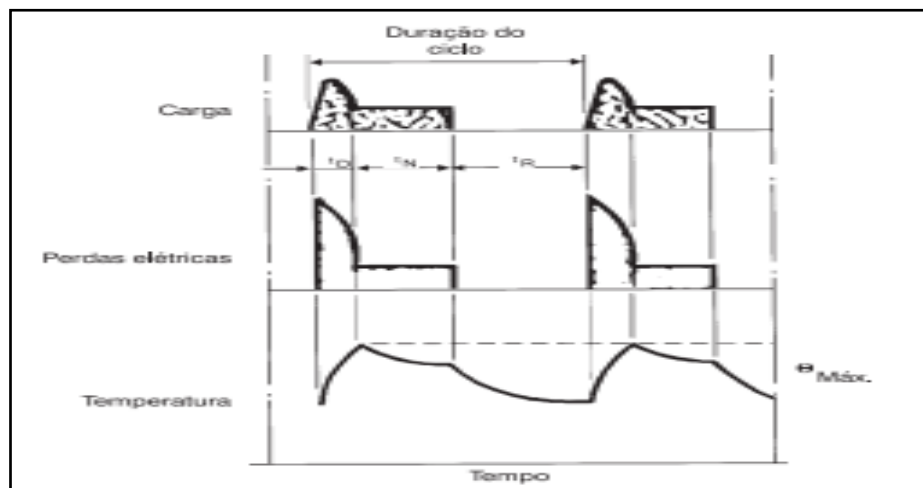
Figura 5: Exemplo de bobina danificada



Fonte: Ensaio realizado em campo pelos autores

Analisando o período em que os operadores necessitavam acionar o grupo de motores, optou-se por testar os mesmos motores em regime de trabalho S4, pois a sequência de ciclos é idêntica, com a diferença de que no novo caso têm-se o período do ciclo mais extenso e com a característica de exceder a carga no início, para que após um tempo a temperatura opere entre valores abaixo do limite superior definido, como é mostrado na figura abaixo.

Figura 6: Regime de funcionamento S4



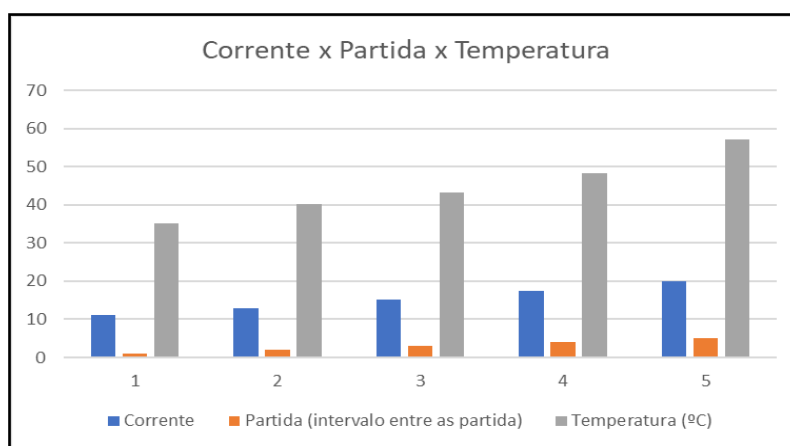
Fonte: Catálogo WEG

Conforme observado na figura 6, o intervalo entre partidas sendo maior, mesmo com as perdas elétricas acompanhando a tendência de *overshooting* no período inicial, faz com que o intervalo entre perdas também aumente



contribuindo assim para a manutenção da temperatura interna em dois níveis conforme explicado, porém, mesmo com a diminuição da temperatura, os padrões ideais de funcionamento ainda não haviam sido atingidos para melhor desempenho. No gráfico 2 acompanhado da tabela 2 abaixo, estão plotados os dados coletados em campo para o regime S4.

**Gráfico 2: Dados do regime S4**



**Fonte:** Ensaios realizados em campo pelos autores.

**Tabela 2: Dados do regime S4**

Corrente	Partida (intervalo entre as partidas)	Temperatura (°C)
11,1	1	35,1
13	2	40,2
15,2	3	43,2
17,5	4	48,2
20,1	5	57,2

**Fonte:** Ensaios realizados em campo pelos autores.

Para mitigar o problema citado ao longo do estudo, pois mesmo com a diminuição dos picos de temperatura com a alteração do regime S3 para o S4 não foi obtido um resultado expressivo no que se trata de panes.



### 2.3 SOLUÇÕES ESTUDADAS

Como mencionado no capítulo anterior, o problema em si tem relação direta com a alta demanda de troca de motores de indução devido à superaquecimento proveniente de partidas muito frequentes com uma alta carga aplicada. É válido dizer que problemas em sua maioria admitem múltiplas soluções, e a seguir serão abordados alguns meios encontrados para elaboração de melhorias para o equipamento.

### 2.4 CONTROLE DE PARTIDA

Foram analisados alguns aspectos de funcionamento, como: operações com partidas e paradas bem equilibradas, cuidado com as variações de tensão, controle da temperatura ambiente, partidas muito frequentes e degradação do isolamento térmico. No caso da opção de melhora das partidas e paradas, pode-se utilizar junto ao inversor de frequência freios dinâmicos externos (resistências de frenagem) para melhora na performance de parada por meio de controle de frenagem, que nesse caso, viabilizaria um caminho mais controlado para dissipar a corrente proveniente da regeneração do motor. Embora os 8 motores já estejam equipados com inversor de frequência comum, a solução citada acima se faria a partir da compra de resistências de frenagem e por se tratar de uma solução mais elaborada, o custo é significativamente grande, que além de envolver peças de reposição, gerará também a demanda de formação do pessoal no novo equipamento.

Outro ponto a se levar em consideração é que as partidas e paradas são muito frequentes por serem comandadas de maneira aleatória a depender dos operadores, e ainda que existisse um melhor meio de dissipação de tensão regenerada dos motores, este não seria capaz de realizar um resfriamento eficaz, pois as ventoinhas acopladas ao eixo só funcionariam enquanto os motores girassem e assim que parassem, a troca de calor por meio do ar defletido da ventoinha diminuiria.

### 2.5 SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Em relação ao sistema de resfriamento do motor elétrico têm-se como opções de aumento de eficiência de troca térmica, a redefinição das aletas da





carcaça e dos componentes do sistema de ventilação. Destas, a opção que se reflete em componentes de menor custo e de maior influência sobre o problema térmico do motor é o redimensionamento dos componentes do sistema de ventilação, tornando-se o ponto de partida para o melhoramento de eficiência térmica de tais máquinas. A utilização de conjuntos de ventilação forçada para auxiliar na troca térmica do motor conforme a figura 16, tem como agente atrativo ainda, o fácil acesso para manutenção e instalação do projeto.

Tais métodos de resfriamento embora não tenham como foco melhorar o funcionamento em si do sistema, conseguem aumentar a dissipação de calor irradiado na carcaça de maneira muito significativa.

**Figura 7: Tampa defletora com ventilação forçada**



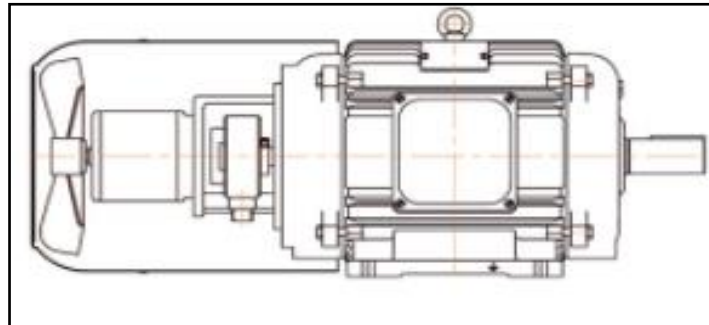
**Fonte:** Site WEG.

A ventilação forçada é instalada a fim de assegurar a eficiência do motor e seu resfriamento independente de sua rotação, isto é, o resfriamento ocorre agora de maneira independente à rotação dos motores, sendo possível parametrizar através do inversor o momento de partida e parada do sistema de resfriamento de acordo com a necessidade.

Neste caso, o ventilador que era inserido na ponta do eixo traseiro do motor, agora é acoplado a um outro motor independente, que normalmente é acoplado ao MIT por intermédio de um flange defletor especial, que suporta o motor com o ventilador independente conforme vemos no esquema de montagem representado na figura 8.



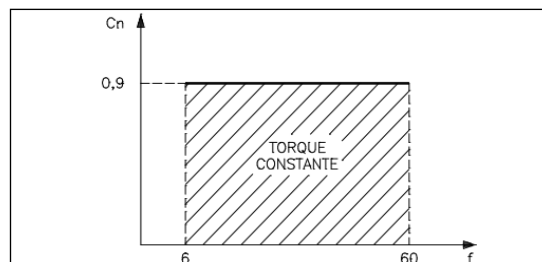
Figura 8: Ventilação forçada, esquematização



Fonte: Manual de manutenção em motores elétricos de indução.

A figura 9 mostra que a partir disso, os motores podem estar em condições normais de trabalho com o torque exercido em baixa rotação, mantendo seu desempenho, pois a troca de calor com a carcaça e o meio será mantida através do ventilador instalado.

Figura 9: Característica de conjugado disponível x rotação em motores com ventilação independente



Fonte: Variação de velocidade – Manual WEG

Segundo Mohan 2015, o resfriamento insuficiente reduz de maneira considerável a capacidade de aplicação de torque dos motores elétricos.

Utilizando o sistema de ventilação forçada independente acoplado, não haverá riscos com problemas de sobreaquecimento do motor por perda na troca de calor.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou identificar uma melhoria de processo reduzindo os índices de perdas encontradas à decorrente demanda de troca de moto redutores de uma máquina de estocagem e retomada de material em um



setor de tratamento de matérias primas, cujo impacto gerado não inutiliza apenas o moto redutor, mas o processo com um todo, impactando negativamente no custo final, devido à parada parcial da planta.

Conforme foi explanado no trabalho existem diversas formas para a resolução do incidente. Analisamos diversos métodos, e chegamos à conclusão de que o método mais eficiente e viável seria o método da ventilação forçada, cujo mesmo já está em fase de testes na planta e vem gerando resultados consideráveis, visto que com a aplicação do método o moto redutor vem desempenhado resultados satisfatórios de desempenho.

Sendo assim foi de grande aprendizado a elaboração do conteúdo abordado. Necessitando a aplicação de grande parte do conteúdo explanado em sala de aula, principalmente no que se referem a motores de indução trifásicos como acionamentos elétricos, conversão eletromecânica de energia, entre outros conteúdos.

O estudo de caso nos fez analisar os principais alicerces da engenharia no que se trata de custo x benefício, o projeto pode ser aplicado não apenas na área citada, mas sim em diversos tipos de processos que utilizam o motor de indução trifásico como fonte geradora de energia mecânica. Seu baixo custo e sua fácil aplicabilidade fazem com que o projeto seja bem versátil e viável, reduzindo consideravelmente as perdas nos processos que o aplicam.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6177:2016**: Transportadores Contínuos – Transportadores de correias – Terminologia. Rio de Janeiro. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7094:2003**: Máquinas Elétricas Girantes – Motores de Indução – Especificação. Rio de Janeiro. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17094-1:2018**: Máquinas Elétricas Girantes. Parte 1: Motores de Indução Trifásicos – Requisitos. Rio de Janeiro. 2018.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH 2013.



FRANCHI, Claiton Moro. **Inversores de frequência**: teoria e aplicação. 2 ed. São Paulo: Érica 2013.

HAND, Augie. **Motores elétricos**: manutenção e solução de Problemas. 2 ed. Porto Alegre: Bookman 2015.

MAYERS, Adan [Modos operacionais típicos para empilhadores e recuperadores]. 26 de junho de 2018. ilustração. Disponível em: <https://aspec.com.au/?p=675>. Acesso em: 14 jun. 2021.

MOHAN, Ned. **Máquinas elétricas e acionamentos**: curso Introdutório. Rio de Janeiro: LTC 2015.

WEG. **Motores de indução alimentados por inversores de Frequência PWM**. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h10/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-50029351-brochure-portuguese-web.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2021.

WEG. **Kit ventilação forçada**. Disponível em: [https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Partes-e-Pe%C3%A7as/Motores/Kit-ventila%C3%A7%C3%A3o-for%C3%A7ada/Kit-ventila%C3%A7%C3%A3o-for%C3%A7ada/p/MKT\\_WMO\\_TEXT\\_IMAGE\\_US\\_SP\\_BLOWER\\_KITS](https://www.weg.net/catalog/weg/US/pt/Partes-e-Pe%C3%A7as/Motores/Kit-ventila%C3%A7%C3%A3o-for%C3%A7ada/Kit-ventila%C3%A7%C3%A3o-for%C3%A7ada/p/MKT_WMO_TEXT_IMAGE_US_SP_BLOWER_KITS). Acesso em: 14 jun. 2021.



## SUBESTAÇÃO DE MÉDIO PORTE

### MEDIUM-SIZED SUBSTATION

José Nilton Cantarino Gil<sup>1</sup>  
Jefferson Dionísio Rodrigues<sup>2</sup>  
Roberta Silva do Val<sup>3</sup>

#### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso para o dimensionamento de uma Subestação Simplificada de Média Tensão com Transformador em Poste, para fornecer energia a uma estrutura predial de dez andares com quarenta apartamentos residenciais, em uma pequena cidade. Serão demonstradas as etapas a serem seguidas para o dimensionamento da subestação: a forma para determinar a potência demandada pelo cliente, os cálculos necessários para determinar as características dos componentes eletromecânicos e as exigências que são necessárias para que um profissional habilitado possa executar este tipo de projeto. A Parametrização realizada possibilita a tomada de decisão na liberação por parte da concessionária de energia elétrica com toda a legislação necessária e fundamenta a realização da instalação de uma Subestação Simplificada de Média Tensão com Transformador em Poste.

**Palavras-Chave:** Subestação, média tensão, projeto de subestação

#### ABSTRACT

This paper presents a case study for the design of a Simplified Medium Voltage Substation with pole transformer, to provide power to a ten-story building structure with forty residential apartments, in a small town. The steps to be followed for the sizing of the substation will be demonstrated: the way to determine the power demanded by the customer, the calculations necessary to determine the characteristics of the electromechanical components and the requirements that are necessary for a qualified professional to perform this project. The parameterization carried out enables decision-making on the release by the electricity concessionaire with all the necessary legislation and supports the installation of a Simplified Medium Voltage Substation with Pole Transformer.

**Keywords:** Substation, Medium Voltage, substation project.

<sup>1</sup> Docente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: jnilton@ubm.br;

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: jefferson-dionisio@bol.com.br;

<sup>3</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mails: rovals@bol.com.br



### 1 INTRODUÇÃO

Uma subestação é um grupo de componentes eletromecânicos interligados cujo objetivo é controlar o fluxo, modificar a tensão, alterar a natureza da corrente e garantir a proteção do sistema elétrico. A SE atua como ponto de controle e transferência de um sistema de transmissão de energia, orienta e controla o fluxo de energia elétrica, converte o nível de tensão e serve como ponto de entrega para os consumidores. No trajeto entre a usina e a cidade, a eletricidade passa por várias subestações, onde os transformadores aumentam ou diminuem a tensão. Ao aumentar a tensão no início da transmissão, o transformador pode evitar a perda excessiva de energia ao longo do caminho. Por outro lado, ao diminuir a tensão perto dos centros das cidades, eles podem distribuir energia por toda a cidade.

### 2 DESENVOLVIMENTO

As subestações seguem padrões distintos de construção com objetivos de operação também distintos, onde a formulação de seu projeto influenciará de forma direta sobre sua escolha. Qualquer aplicação de uma subestação deve ser projetada por um profissional capacitado na área, obedecendo aos aspectos gerais de segurança necessários para o funcionamento adequado do sistema, assim como assegurando o atendimento das necessidades energéticas do local.

A Norma Regulamentadora NR10 disciplina os procedimentos de segurança nas instalações elétricas. A NR12, aplicada à segurança de máquinas e equipamentos, é complementar, visto que determina regras e procedimentos que aumentam a segurança na utilização de equipamentos.

Pode-se afirmar que as instalações elétricas oferecem risco contínuo para as pessoas e patrimônio. São diversas as situações não previsíveis que podem ocorrer. A falta de informação e bom senso podem potencializar as situações de risco.

Um projeto elétrico adequado e a execução prática de acordo com o programado é o passo inicial para que se previnam riscos nos sistemas elétricos. Entre os principais riscos que as instalações elétricas apresentam, basicamente quando mal projetada ou operada de forma irregular são os riscos de choques



elétricos, riscos de incêndio na fiação elétrica, redução da vida útil de máquinas e equipamentos, sanções e multas por não cumprir as normas de segurança, paradas não programadas devido a acidentes ou risco iminente de acidentes, entre outros.

Como apresentado nos objetivos do presente estudo, nos próximos parágrafos será desenvolvido o projeto de uma subestação externa abaixadora, tipo transformador em poste, aplicando cálculos e normas vigentes com a finalidade de determinar o conjunto de componentes eletromecânicos responsáveis por alimentar de maneira eficiente e segura um determinado cliente.

Este trabalho está sendo realizado para o dimensionamento de uma subestação de média tensão abaixadora, para um prédio de 10 andares, com 40 apartamentos de 56 m<sup>2</sup>, com uma área de condomínio de 600m<sup>2</sup>, localizado na rua Dionéia Andrade Faria, 230, Aterrado, Volta Redonda, Rio de Janeiro, RJ.

Este memorial descritivo tem por objetivo especificar e descrever os detalhes construtivos para execução do projeto elétrico de uma subestação abaixadora, tipo transformador em poste, conforme os padrões da LIGHT, para potências de até 300kVA, a caixa CMPS, deverá ser montada internamente a um gabinete de alvenaria junto ao poste, de forma sobreposta, conforme RECON – MT (2019) da LIGHT.

No RECON - BT LIGHT (2019), supracitado acima diz que para uma edificação de uso coletivo, composta por 40 (quarenta) unidades consumidoras residenciais (apartamentos), cada um com área útil de 56m<sup>2</sup>, e serviço residencial (condomínio) com área de 600m<sup>2</sup>. - Unidades consumidoras residenciais individuais (**Método de avaliação – Seção “A”**) se faz, necessário realizar o cálculo para demanda conforme tabela abaixo.



Tabela 1 - Descrição de carga instalada e cálculo de demanda por apartamento

Descrição da carga instalada	Cálculo da demanda
<b>C1 - Iluminação e tomadas</b>	<b>D1 - Iluminação e tomadas</b>
7,78 kVA Previsão mínima de iluminação e tomada pela Tabela 2 $0,030 \times 56 = 1,68$ kVA, ou seja, menor que o valor declarado (7,78 kVA), logo o valor a ser considerado deve ser: C1 = 7,78 kVA	(Tabela 2) $7,78 \times 0,35 = 2,73$ kVA
<b>C2 - Aparelhos para aquecimento</b>	<b>D2 - Aparelhos para aquecimento</b>
Chuveiro elétrico: $2 \times 4,4$ kVA = 8,8 kVA Microondas: $1 \times 1,25$ kVA = 1,25 kVA C2 = $8,8 + 1,25 = 10,05$ kVA	(Tabela 3) (Chuveiro) = $8,8 \times 0,75 = 6,6$ kVA (2 aparelhos, FD = 75%) (microondas) = $1,25 \times 1,00 = 1,25$ kVA (1 aparelho, FD = 100%) D2 = $6,6 + 1,25 = 7,85$ kVA
<b>C3 - Aparelhos de ar condicionado tipo Split</b>	<b>D3 - Aparelhos de ar condicionado tipo Split</b>
3 x Ar-condicionado Split 10.000 BTU C3 = $3 \times 1,4 = 4,2$ kVA	(Tabela 4) D3 = $4,2 \times 1,00 = 4,2$ kVA (Nº de aparelhos de ar = 3 logo, FD = 100%)
CTotal (kVA) = C1 + C2 + C3 CTotal (kVA) = $7,78 + 10,05 + 4,2 = 24,23$ kVA CITotal (kW) = $24,23 \times 0,92 = 22,03$ kVA	DTotal = D1 + D2 + D3 DTotal = $2,73 + 7,85 + 4,2 = 14,78$ kVA

Fonte: Próprios Autores

Quando um determinado conjunto de cargas é analisado, verifica-se que, em função da utilização diversificada dessas cargas, um valor máximo de potência é absorvido por esse conjunto num mesmo intervalo de tempo, geralmente inferior ao somatório das potências nominais de todas as cargas do conjunto. Nesse caso, um bom conhecimento da utilização da instalação permite ao projetista a adoção e aplicação de fatores de demanda ou diversidade na carga instalada, o que proporcionará um refinamento no dimensionamento dos materiais e equipamentos da instalação de entrada de energia elétrica, de forma a obter melhor compatibilização técnica e econômica sem comprometer a confiabilidade operacional e a segurança. RECON BT (2019).

Em consonância com a citação acima para calcular a potência de cada circuito contido na Tabela 1, utilizou-se as tabelas 2, 3 e 4, pois cada uma representa o fator de demanda a ser utilizado em cada equipamento.





**Tabela 2 - Carga mínima e fator de demanda para instalação de iluminação e tomadas de uso geral**

Descrição	Carga Mínima (kVA / m <sup>2</sup> )	Fator de Demanda (%)	
Auditórios, salões para exposições, salas de vídeo e semelhantes	0,015	80	
Bancos, postos de serviços públicos e semelhantes	0,050	80	
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	0,020	80	
Clubes e semelhantes	0,020	80	
Escolas e semelhantes	0,030	80 para os primeiros 12 kVA 50 p/ o que exceder de 12 kVA	
Escritórios	0,050	80 para os primeiros 20 kVA 60 p/o que exceder de 20 kVA	
Garagens, áreas de serviço e semelhantes	0,005	Residencial 80 para os primeiros 10 kVA 25 p/ o que exceder de 10 kVA	
		Não Residencial 80 para os primeiros 30 kVA 60 p/ o que exceder de 30 até 100 kVA 40 p/ o que exceder de 100 kVA	
Hospitais, centros de saúde e semelhantes	0,020	40 para os primeiros 50 kVA 20 p/o que exceder de 50 kVA	
Hotéis, motéis e semelhantes	0,020	50 para os primeiros 20 kVA 40 para os seguintes 80 kVA 30 p/o que exceder de 100 kVA	
Igrejas, salões religiosos e semelhantes	0,015	80	
Lojas e semelhantes	0,020	80	
Unidades Consumidoras Residenciais (Casas, apartamentos etc.)	0,030	0 < P (kVA) ≤ 1 (80)	6 < P (kVA) ≤ 7 (40)
		1 < P (kVA) ≤ 2 (75)	7 < P (kVA) ≤ 8 (35)
		2 < P (kVA) ≤ 3 (65)	8 < P (kVA) ≤ 9 (30)
		3 < P (kVA) ≤ 4 (60)	9 < P (kVA) ≤ 10 (27)
		4 < P (kVA) ≤ 5 (50)	10 < P (kVA) ⇒ (24)
		5 < P (kVA) ≤ 6 (45)	
Restaurantes, bares, lanchonetes e semelhantes	0,020	80	

Fonte: RECON BT 2019 – LIGHT

**Tabela 3 - Fatores de demanda para aparelho de aquecimento**

Nº de Aparelhos	Fator de Demanda (%)
1	100
2	75
3	70
4	66
5	62
6	59
7	56

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT



Tabela 4 - Fatores de demanda para aparelho de ar-condicionado tipo janela, split, cassete e fancoil (utilização residencial)

N ° de Aparelhos	Fator de Demanda (%)
1 a 4	100
5 a 10	70
11 a 20	60
21 a 30	55
31 a 40	53
41 a 50	52
Acima de 50	50

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT

### Serviço residencial (condomínio) – áreas comuns

Conforme descrito no RECON – MT (2016) da LIGHT, é necessário calcular a demanda a partir da aplicação do “Método de avaliação – Seção A”, estabelecido no item 3.1, para determinar a categoria de atendimento e dimensionar os materiais e equipamento inerentes, sendo o serviço do condomínio visto como uma unidade consumidora.

Tabela 5 - Descrição de carga instalada e cálculo de demanda de área de condomínio

Descrição da carga instalada	Cálculo da demanda
<b>C1 - Iluminação e tomadas</b>	<b>D1 - Iluminação e tomadas</b>
6,6 kVA Previsão mínima de iluminação e tomada pela Tabela 3.1 $0,005 \times 600 = 3,0 \text{ kVA}$ , ou seja, menor que o valor declarado (6,6 kVA), logo o valor a ser considerado deve ser: C1 = 6,6 kVA	(Tabela 3.1) $D1 = 6,6 \times 0,80 = 5,28 \text{ kVA}$ (80% para os primeiros 10 kVA)
<b>C2 - Aparelhos para aquecimento</b>	<b>D2 - Aparelhos para aquecimento</b>
<b>C3 - Aparelhos de ar condicionado tipo Split</b>	<b>D3 - Aparelhos de ar condicionado tipo Split</b>
<b>C5 - Motores elétricos</b>	<b>D5 - Motores elétricos</b>
(Tabela 6 – Conversão de CV em kVA) 1 x 4 CV (Bomba d'água) = 1 x 5,03 kVA 2 x 7 ½ CV (Elevadores) = 2 x 8,65 = 17,30 kVA C5 = 5,03 + 17,30 = 22,33 kVA	(Tabela 7) $D5 = 22,33 \times 0,6333 = 14,14 \text{ kVA}$ (Nº de motores = 3 logo, FD = 63,33%)
<b>CTotal (kVA) = C1 + C5</b> CTotal (kVA) = 6,6 + 22,33 = 28,93 kVA CTotal (kW) = 28,93 x 0,92 = 26,62 kVA	<b>DTotal = D1 + D5</b> DTotal = 5,28 + 14,14 = 19,42 kVA

Fonte: Próprios Autores



Tabela 6 - Conversão de CV em KVA

POTENCIA DO MOTOR	
CV	kVA
¼	0,66
1/3	0,77
½	0,87
¾	1,26
1	1,52
1 ¼	2,17
2	2,70
3	4,04
4	5,03
5	6,02
7 ½	8,65
10	11,54
12 ½	14,09
15	16,65
20	22,10
25	25,83
30	30,52
40	39,74
50	48,73
60	58,15
75	72,28
100	95,56
125	117,05
150	141,29
200	190,18

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT

Tabela 7 - Fator de demanda X Nº de motores

Nº Total de Motores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	≥ 10
Fator de Demanda (%)	100,00	75,00	63,33	57,50	54,00	50,00	47,14	45,00	43,33	42,00

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT

### 3.1 AGRUPAMENTOS DE MEDIDORES FORMADOS POR 40 (QUARENTA) UNIDADES CONSUMIDORAS RESIDENCIAIS (MÉTODO DE AVALIAÇÃO – SEÇÃO “B”)

Conforme o RECON – BT (2019) da LIGHT, como as unidades consumidoras utilizam equipamentos individuais de aquecimento de água, segue a tabela 8 para cálculo de demanda de agrupamento.



Tabela 8 - Demanda do agrupamento

Dag = KVA (A apt. °) x Fd (nº total de aptº)	
Demanda (KVA) de apartamento em função Das áreas (m²) <b>Tabela 9</b>	56m² = 2,09 kva
Fator para diversificação de Cargas em função do nº de apartamento <b>Tabela 10</b>	40 aptº = 29,54 kva
<b>Dag = 2,54 x 29,54 = 75,03 kva</b>	

Fonte: Próprios Autores

Utiliza se as tabelas 9 e 10 para determinar a potência demandada para cada unidade consumidora, com área comum inferior a 400m², sempre que houver entradas residenciais coletivas e equipamentos individuais para aquecimento de água

Tabela 9 - Demanda (KVA) de apartamentos em função das áreas (m²) para Unidade de consumo que utilizem equipamentos elétricos individuais para aquecimento de água

Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA
53	1,99	101	3,54	149	5,02	197	6,43	245	7,82	293	9,18	341	10,51	389	11,83
54	2,02	102	3,56	150	5,04	198	6,47	246	7,85	294	9,20	342	10,54	390	11,86
55	2,05	103	3,60	151	5,08	199	6,49	247	7,87	295	9,24	343	10,57	391	11,88
56	2,09	104	3,64	152	5,10	200	6,52	248	7,91	296	9,26	344	10,60	392	11,92
57	2,12	105	3,66	153	5,14	201	6,55	249	7,93	297	9,29	345	10,62	393	11,94
58	2,15	106	3,70	154	5,16	202	6,58	250	7,97	298	9,32	346	10,66	394	11,96
59	2,18	107	3,72	155	5,20	203	6,61	251	7,99	299	9,35	347	10,68	395	11,99

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT

Tabela 10 - Fatores para diversificação de cargas em função do número de apartamentos

Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº	Nº APTº	F, APTº
38	28,34	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,48	288	83,00		
39	28,94	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,50	289	83,00		
40	29,54	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,52	290	83,00		
41	30,14	91	58,30	141	72,79	191	79,94	241	82,54	291	83,00		
42	30,74	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,56	292	83,00		

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT



### 3.2 DEMANDA DA PROTEÇÃO GERAL (DPG)

Como o circuito de serviço de uso do condomínio é derivado antes da proteção geral de entrada, somente as cargas do agrupamento (apartamentos) influenciam no dispositivo de proteção geral do prédio, logo:

$$\text{DPG} = \text{DAG} = 75,03 \text{ kVA}$$

### 3.3 DEMANDA DO RAMAL DE LIGAÇÃO (DR)

Essa demanda deve ser utilizada para dimensionar os condutores, materiais e equipamentos da instalação da entrada coletiva.

$$\text{DR} = (\text{DPG} + \text{DS}) \times 0,90$$
$$\text{DR} = (75,03 + 19,42) \times 0,90 = 85,00 \text{ kVA}$$

## 4 ESPECIFICAÇÃO E PROJETO DA SUBESTAÇÃO

### 4.1 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DA SE

Para dimensionar o conjunto de equipamentos eletromecânicos que irá compor a subestação utilizou-se a tabela 11.

Tabela 11 - Dimensionamento de equipamentos e materiais de baixa tensão

Características	Tensão Secundária Nominal em Volts														
	220 / 127					380 / 220					440 / 254				
POTÊNCIA NOMINAL DO TRANSFORMADOR (KVA)	75	112,5	150	225	300	75	112,5	150	225	300	75	112,5	150	225	300
DISJUNTOR (A) (NOTA 1)	200	300	400	600	800	125	175	250	350	500	100	150	200	300	400
CAPACIDADE MÍNIMA DE INTERRUPÇÃO (kA) SIMÉTRICO	10	15	25			10	15				10	15			
CONDUTOR DO RAMAL DE ENTRADA (1) PVC - Cu - 750V (mm <sup>2</sup> ) (NOTA 2)	4 (1 X 95)	4 (1 X 185) ou 8 (1 X 70)	8 (1 X 120)	8 (1 X 240)	8 (1 X 300)	4 (1 X 70)	4 (1 X 95) ou 8 (1 X 35)	8 (1 X 50) ou 4 (1 X 150)	8 (1 X 95) ou 4 (1 X 240)	8 (1 X 150)	4 (1 X 35)	4 (1 X 70)	8 (1 X 50) ou 4 (1 X 95)	4 (1 X 185) ou 8 (1 X 95)	4 (1 X 120) ou 8 (1 X 240)
CONDUTOR DO RAMAL DE ENTRADA (1) EPR - 90° ou XLPE (mm <sup>2</sup> ) (NOTA 2)	4 (1 X 95)	4 (1 X 150)	8 (1 X 95)	8 (1 X 150)	8 (1 X 240)	4 (1 X 35)	4 (1 X 70)	4 (1 X 120)	4 (1 X 240)	4 (1 X 300)	4 (1 X 35)	4 (1 X 70)	4 (1 X 95)	4 (1 X 150)	4 (1 X 240)
CONDUTOR DE PROTEÇÃO Cu - nú (mm <sup>2</sup> )	50	95	120	240	300	35	35	70	120	150	16	35	50	95	120

Fonte: RECON BT 2019 - LIGHT



### 4.1.1 Disjuntor Geral

Para o dimensionamento do disjuntor geral, será utilizada uma tabela específica do Recon - MT LIGHT (2016) onde diz que para um transformador com potência nominal igual a 112,5 KVA, tensão de alimentação primária igual a 13,8 KV e tensão de saída secundária, igual a 127 / 220, estima-se um disjuntor de 300 A. Consultando os catálogos dos fabricantes, concluiu-se que um disjuntor caixa moldada, tripolar, com proteção contra curto-circuito e sobrecargas será ideal para as instalações, portanto dimensionou-se o disjuntor DWP400L- 300-3 da WEG.

### 4.1.2 Condutores

Conforme a tabela 4.1 do Recon – MT (2016) LIGHT, serão utilizados 4 vias de cabo EPR 90° ou XLPE com 150mm<sup>2</sup> de diâmetro para fazer a ligação do ramal de entrada.

### 4.1.3 Transformador

Para o dimensionamento do transformador, será utilizada uma tabela específica do Recon – MT (2016) LIGHT. Onde diz que para uma DR igual a 85,00KVA o transformador escolhido deverá ter a potência nominal maior ou igual à demanda de ramal solicitada, sendo assim, será instalado um transformador com potência igual a 112,5KVA, por ser o componente de fabricação comercial, com potência nominal mais próximo da demanda dimensionada.

### 4.1.4 Chave Fusível “conforme RECON - MT - LIGHT “

**Tensão máxima do equipamento:** 15 KV.

**Corrente Nominal:** 100 A.

**Tensão Suportável de Impulso (TSI):** 95 KV.

**Capacidade de Interrupção:** 10 kA (assimétrico).

**Tipo da base:** “C” com cartucho cinza.

**Material:** Porcelana ou Polimérica.



#### 4.1.5 Elo fusível “conforme RECON - MT - LIGHT”

**Tipo:** botão.

**Material do elemento fusível:** Prata 99%.

**Corrente nominal:** conforme respectiva tabela abaixo. Para o transformador dimensionado será utilizado o Elo fusível de 6K.

Tabela 12 - Elo fusível a ser instalado na chave fusível

Transformador (kVA)	Elo fusível	
	6,3kV	13,8kV
75	8K	5H
112,5	10K	6K
150	12K	6K
225	20 K	10K
300	25 K	12K

Fonte: RECON BT 2019 – LIGHT

#### 4.1.6 Isoladores “conforme RECON - MT - LIGHT”

**Tipo:** a – Disco (suspensão) D-45-1, padrão Light ou NBR 7109. b – Bastão NBR 15122.

**Material do corpo (saia):** a – Disco: porcelana ou vidro temperado.

b – Bastão: polimérico resistente a UV e trilhamento (Silicone).

**Tensão máxima do equipamento:** 15 kV.

**Tensão suportável de impulso atmosférico:** 95 KV (crista).

**Tensão suportável a 60 Hz sob chuva:** 34 KV.

**Distância de escoamento mínima por peça:** 180 mm para porcelana e 380 mm para bastão polimérico.

**Distância de escoamento total da cadeia:** 320 mm (mínimo).

#### 4.1.7 Cruzetas “conforme RECON - MT - LIGHT”

**Tipo:** Preferencialmente Polimérica ou Metálica.

Opcionalmente poderão ser utilizadas cruzetas de madeira de acordo com a NBR-8458 Cruzetas de Madeira para Rede Aérea de Distribuição de Energia Elétrica – Especificação e com a NBR-8459 Cruzetas de Madeira – Dimensões / Padronização.



#### **4.1.8 Postes “conforme RECON - MT LIGHT”**

**Tipo:** circular de concreto, de acordo com a NBR - 8451 - Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição de Energia Elétrica – Especificação e com a NBR - 8452 – Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição de Energia Elétrica – Dimensões / Padronização ou Polimérico de acordo com o Padrão Light.

**Para ramal de ligação aéreo:**

**Altura:** 10 m (rede do mesmo lado), ou 12 metros em casos especiais de travessia.

**Carga nominal:** 600 da N.

#### **4.1.9 Eletroduto “conforme RECON - MT - LIGHT”**

**Tipo:** rígido em PVC ou flexível em Polietileno de Alta Densidade;

**Diâmetro interno:** 100 mm ou 150 mm dependendo do comprimento do lance e da seção do cabo.

#### **4.1.10 Proteção geral de entrada “conforme RECON - MT - LIGHT”**

Subestações simplificadas com transformador em poste:

São protegidas através de chaves fusíveis tipo “C” no primário, com elos fusíveis tipo botão.

Quando o ramal de ligação, por conveniência do Consumidor, for a cabos isolados, a escolha dos fusíveis no ponto de derivação da rede aérea ocorrerão a critério da Light.

##### **4.1.10.1 Aterramento “conforme RECON - MT - LIGHT”**

##### **4.1.10.2 Detalhes das malhas de terra**

Cada malha de terra, de forma independente, deve ser composta de hastes de aço cobreadas, com diâmetro de  $\frac{5}{8}$ ” e 2,4m (dois metros e quarenta centímetros) de comprimento mínimo, sendo essas hastes interligadas entre si através de condutor de cobre nu de seção 25 mm<sup>2</sup> (mínimo). As malhas devem ser construídas distantes entre si de suas áreas de influência, conforme a malha de aterramento simplificado abaixo.





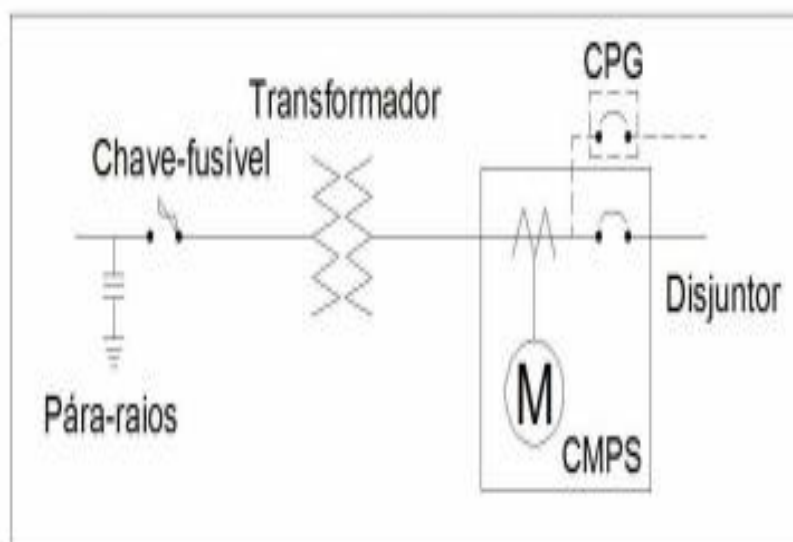
#### 4.1.10.3 Condutores de aterramento (interligação às malhas):

Para a malha de terra relativa ao aterramento dos para-raios, carcaça do transformador e partes metálicas associadas ao lado de média tensão (MT):

O condutor deve ser de cobre, isolado com PVC preto, 70° C, com classe de isolamento de 0,6/1 KV, seção mínima de 25 mm<sup>2</sup>, devendo estar protegido mecanicamente no caso de descida ser externa junto ao poste, por meio de eletroduto rígido de PVC, com altura mínima de 3,0 (três) metros.

#### 4.4 DIAGRAMA UNIFILAR PARA TRANSFORMADOR EM POSTE

Figura 1 - Diagrama Unifilar



Fonte: RECON MT 2016 - LIGHT

### 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após realizar todos os cálculos, afim de, dimensionar de maneira segura e eficaz os componentes eletromecânicos necessários para montagem de Subestação de Média Tensão com Transformador em Poste é necessário fazer a solicitação de ligação de novo cliente junto à concessionária de energia local (LIGHT), esta por sua vez, irá solicitar ao novo usuário uma série de documentos (carta de credenciamento, ART quitada junto ao CREA-RJ, Formulário de



cadastro devidamente preenchido constando todos os dados da carga instalada e demanda avaliada, Planta se Situação, Planta de localização, Diagrama unifilar dos componentes elétricos que compõem a SE) para que seja feito um estudo de conformidade e viabilidade, isto é, será verificado se o projeto elaborado segue todos os padrões de segurança e confiabilidade exigidos pela distribuição de energia, e se há demanda disponível no sistema elétrico para atender este novo cliente.

Nota-se que, para elaborar o projeto da SE é necessário um estudo detalhado da potência que será consumida por este novo cliente, para que a subestação consiga atender ao seu propósito “fornecer energia de maneira segura e eficaz”.

O trabalho atingiu os objetivos descritos no capítulo 1 uma vez que foi executado o Subestação Simplificada de Média Tensão, tipo Transformador em Poste, aplicando cálculos matemáticos, e normas técnicas vigentes dimensionando o grupo de componentes eletromecânicos responsáveis por alimentar de forma eficaz e segura edifício residencial de 10 andares, com 40 apartamentos e área de condomínio.

### REFERÊNCIAS

BARROS, Benjamim; GEDRA, Ricardo. **Cabine primária**: subestação de alta tensão de consumidor. 4. ed. São Paulo: Érica, 2015.

LEÃO, Ruth. **Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. Disponível em: <https://silo.tips/download/gtd-geracao-transmissao-e-distribuihao-de-energia-eletrica>. Acesso em: 01 jun. 2021.

LIGHT. **Regulamentação para fornecimento de energia elétrica a consumidores em média tensão**. Rio de Janeiro: 2016.

LIGHT. **Regulamentação para fornecimento de energia elétrica a consumidores em baixa tensão**. Rio de Janeiro: 2019

MAMEDE FILHO, João. **Manual de equipamentos elétricos**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2020.



SIMONE, Gilio. **Transformadores**: teoria e exercícios. São Paulo: Érica 2010.



**SUBSTITUIÇÃO DE UM ARMÁRIO ACIONADOR DE UMA ENROLADEIRA DE BOBINAS DE AÇO: PROCESSO DE MATERIAL COM TENSÃO ACIMA DE 6 TONELADAS**

**REPLACEMENT OF A DRIVE CABINET FOR A WINDING ROLLER STEEL COILS:  
MATERIAL PROCESS WITH VOLTAGE OVER 6 TONNES**

**Adolfo Cunha Gomes<sup>1</sup>  
Kethelen da Conceição Evangelista<sup>2</sup>  
Marcos Paulino Isaac Junior<sup>3</sup>  
José Nilton Cantarino Gil<sup>4</sup>**

**RESUMO**

O mercado globalizado exige das empresas que seu produto seja processado com segurança, qualidade e baixo custo, assumindo uma competitividade no mercado com o objetivo de gerar os lucros esperados. Com a otimização da tecnologia industrial, foram criados equipamentos de controle para linhas de processos, que otimizam a qualidade de processamento e automatizam a produção. Nesse contexto, o trabalho consiste num estudo de implantação de um novo controlador acionador de uma enroladeira de bobinas de aço, que após um incêndio, teve seu controle original substituído por um disponível na fábrica, mas que não atendia a todos os requisitos para que fossem processados materiais acima de 1500mm de largura e 4,75mm de espessura. O trabalho também mostra os problemas que ocorreram com o processamento desse material de maior dimensão com o controle do drive adaptado e as soluções pensadas para que estes materiais fossem processados na fábrica para que não houvesse perda de clientes mantendo seu processo normal.

**Palavras-Chave:** Enroladeira. Acionamento. Bobina. Indústria. Drive

**ABSTRACT**

The globalized market requires companies to process their product safely, with quality and at low cost, assuming a competitive edge in the market in order to generate the expected profits. With the optimization of industrial technology, control equipment for process lines was created, which optimize the quality of processing and automate the production of your products. In this context, the paper consists of a study of the implantation of a new drive for a steel coil winder, which after a fire, had its original control replaced by one available at the factory, but which did not meet all the requirements for them to be materials up to 1500mm wide and 4.75mm thick are processed. The paper also shows the problems that occurred with the processing of this larger material before the replacement of the drive and the improvements

<sup>1</sup> Acadêmico. Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>2</sup> Acadêmico Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>3</sup> Acadêmico Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa.

<sup>4</sup> Docente. Curso de Engenharia Elétrica– Centro Universitário de Barra Mansa. Email: jnilton@ubm.br



presented after the installation of the appropriate driver.

**Keywords:** Motor; Winder; Drive; Coil

## 1 INTRODUÇÃO

O processo consiste em decapagem da superfície do material por meio da laminação e lavagem em tanques de ácidos, na qual retirava toda a impureza e contaminação. Um processo delicado na qual exige o máximo de performance para atender a qualidade ideal.

É um processo contínuo, ou seja, não existia parada no ponto chave da produção, o sistema básico de produção consiste em desenrolar uma bobina de aço, realizar a solda do final do material em processo com o início do novo material inserido, o objetivo é acumular o material em 3 acumuladores entrada do processo para que o material sempre estivesse em movimentos nos tanques de ácido para que não haja defeito na qualidade, anteriormente aos tanques a chapa passava pelos laminadores que exerciam pressão na chapa para realizar a quebra de superfície pesada, e o posteriormente recebia os banhos de ácido para finalizar o processo de decapagem, após isso o material é lavado, secado e após isso recebia uma camada fina de óleo protetor de superfície para que não haja oxidação.

A indústria moderna requer a nata da tecnologia para se ter um processo otimizado e com confiança para se ter um produto com qualidade e visando o menor custo. Tendo como parte disto, é fundamental investir em seus equipamentos para se ter um gasto menor com manutenções periódicas.

Como no caso a apresentar, toda indústria tem ciência de que os sinistros podem acontecer, no processo de bobinas de aço, inúmeros equipamentos são necessários e um dos equipamentos fundamentais, é a Enroladeira de bobina que está situado ao fim do processo.

O controle de acionamento dos motores da Enroladeira sofreu uma avaria que resultou num incêndio em seu drive acionador, após essa ocorrência, foram realizados estudos para que este fosse substituído e assim a produção era possível.

Porém, o drive que seria montado não se tratava de um com características originais para o equipamento em questão, as características diferentes, mas atendiam em parte o objetivo principal.



O objetivo principal é adequar o controle e acionamento dos motores da enroladeira de bobinas de uma linha de Decapagem Contínua para que a linha de produção tenha capacidade de processar materiais que exijam uma força maior que 6 toneladas de tensão mecânica. Considerados materiais críticos, estes eram com especificações acima de 1500mm de largura e 4,75mm de espessura.

Para que o trabalho atingisse seu objetivo foi necessária uma revisita nos principais conceitos envolvidos nos motores de corrente contínua, suas equações de torque e velocidade e os drivers de acionamento adequados à aplicação de enroladeiras e desenroladeiras.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 DETALHES DO CONJUNTO ENROLADEIRA

Este conjunto se aplica ao fim do processo da linha de produção para os enrolamentos de bobinas de aço, com variáveis previamente inseridas na lógica de programação para o processo ideal. Segue os detalhes a serem considerados para fins de cálculos e desenvolvimento do estudo.

- Momento de Inércia Fixa:  $JF = 300 \text{ kgm}^2$
- Velocidade Nominal do Motor:  $nN = 200 \text{ RPM}$
- Relação da Caixa:  $i = 3,686$
- Diâmetro do Mandril:  $D_{\text{core}} = 610 \text{ mm}$
- Potencia Nominal do Motor:  $PN = 750 \text{ kW} (2 \times 375)$
- Tipo de ligação dos Motores: Ligação em excitação independente.
- Velocidade Máxima da Linha:  $V_{\text{max}} = 457 \text{ RPM}$
- Tempo de Aceleração até a Velocidade Máxima:  $t_h = 24 \text{ segundos}$
- Diâmetro Máximo:  $D_{\text{max}} = 2642 \text{ mm}$
- Largura do Material máxima:  $b_{\text{max}} = 1575 \text{ mm}$
- Espessura do Material Máxima:  $d = 5 \text{ mm}$
- Peso Especifico do Material:  $r = 7,85 \text{ kg/dm}^3 [\text{aço}]$



### 2.2 CIRCUITO ELÉTRICO DO CONJUNTO ENROLADEIRA

Os motores são ligados em excitação independente, ou seja, campo e armadura são excitados separadamente. Dois motores são ligados em série, o bobinamento de armadura do motor #1 é ligado em série com o bobinamento de armadura do motor #2 e assim também conectado os bobinamentos de campo dos motores. Como já dito anteriormente, este tipo de ligação, de excitação independente, é o mais utilizado industrialmente juntamente com conversores AC/DC.

### 2.3 CIRCUITO DE ARMADURA

Neste circuito, a alimentação dos bobinamentos de armadura dos motores que estão conectados em série, este circuito é o foco do estudo, a placa de controle é responsável por fazer a variação de corrente do mesmo para que o torque na ponta de eixo(mandril) mantenha a tensão mecânica ideal para o material de acordo pelo set point do operador.

### 2.4 CIRCUITO DE CAMPO

O circuito de excitação de campo trata-se do modo de ligação com excitação independente, dois motores são ligados em série para que suas forças sejam somadas e assim fazer seu trabalho no conjunto da caixa redutora.

Todo o controle é realizado para que circuito de campo seja alimentado com 220VDC.

### 2.5 FUNCIONAMENTO DO CONJUNTO ENROLADEIRA

O controle do drive sobre os motores, é controlar o fluxo magnético interno variando a tensão de armadura e corrente campo. Esse controle é feito por duas malhas.

Malha 1: Pela variação da tensão de armadura, é feito o controle do fluxo magnético, para que mantenha o torque na ponta de eixo respeitando a variação de velocidade.

Malha 2: Esta é responsável para compensar o fluxo magnético em relação a variação de diâmetro na ponta de eixo (mandril). Conforme segue o enrolamento da bobina, a ponta de eixo necessita de um maior torque para manter um enrolamento correto, por isso, é variado a corrente de campo para acompanhar e complementar o fluxo magnético e assim manter o controle desejado, essa variação do valor de 20 e



42 amperes, trabalhando dentro do diâmetro mínimo e máximo por projeto de produção.

### 2.6 PROCESSO

Até o término do bobinamento, o material enfrenta alguns processos anteriores que são necessários para sua qualidade, processos estes que necessitam também da velocidade e tensão gerada no bobinamento da enroladeira.

### 2.7 DECAPAGEM DO MATERIAL

O processo de decapagem consiste em passar a chapa de processo em 5 (cinco) tanques que são responsáveis de retirar toda a carepa do material, toda superfície não uniforme existente na chapa.

Por meios químicos, esta carepa é totalmente retirada para que o material fique com a superfície lisa, afim de poder ser utilizada corretamente ao decorrer do processo.

Para melhor entendimento, segue uma explicação prévia para fins.

Tanque 1 – Neste é composto por água aquecida a uma temperatura de 80°C à 85°C na qual é responsável pelo pré-aquecimento da chapa preparando-a para o tanque seguinte.

Tanque 2, 3 e 4– Estes são compostos por uma solução de HCL responsável por realizar o tratamento da retirada da carepa composta na superfície do material, desprender o máximo possível para que no próximo processo seja retirada completamente.

Tanque de Lavagem – Responsável por lavar a chapa com água em alta pressão com chuveiros localizados em locais específicos para retirar toda a carepa existente na chapa que foi trabalhada no processo anterior para facilitar a retirada.

Tanque Secador – Este consiste em soprar ar comprimido diretamente na chapa de processo para secar o material e dar continuidade do processo.

Mancha Preta: Este defeito quando não ocorrido pela baixa temperatura no tanque de pré-aquecimento, é causado pela baixa velocidade da linha de produção.

Mancha Amarela: Também ocorrido pela baixa temperatura, a mesma pode ser causada pela velocidade ideal da linha.





### 2.8 ENROLAMENTO

É fundamental o enrolamento do material ser correto, para que não apresente defeitos na qual atrapalharia a retira da bobina do mandril e ou sucatear o material, os defeitos apresentados no enrolamento são causados pelo ajuste de tensão. Segue abaixo dois dos principais defeitos ocorridos no material crítico.

**Mal Enrolado:** Este defeito quando não causado pelo sensor de borda do material, na qual controlado o movimento transversal do conjuntos enroladeira para ter um enrolamento perfeito, este também é causado pelo ajuste de tensão inadequado. Após ajustar um valor de tensão, caso não fosse o ideal, o material afrouxava durante o enrolamento e gerava este mal enrolado, o sensor não conseguia corrigir esta variação e/ou falta de torque no mandril, causando degrau nas camadas do enrolamento.

**Desarmes por Sobre Carga:** Com o drive adaptado, os controles no limite, e ao tentar processar o material crítico, o mesmo vinha a desarmar, pois o mesmo não atendia as condições necessárias de ajuste de tensão causando parada do processo e gerando os defeitos citados acima, e assim o material era descartado ao fim do processo.

### 2.9 DRIVE

No projeto original o drive da enroladeira tinha uma potência disponível de 910 kW e 1750 A e após o incêndio, o drive da enroladeira foi substituído pelo drive de um outro equipamento similar, na qual a potência e o nível de sobrecargas eram menores.

Os motores atenderiam (2x750 kW), mas devido à limitação do drive a potência máxima atual disponível é de 608.6 kW ficando abaixo do valor necessário em velocidade de regime, fazendo o sistema desarmar por sobrecarga na velocidade nominal de processo.

Com a limitação da velocidade em 418 RPM seria possível atingir os valores desejados de tensão para o material 1500 x 4,75 mm sem desarme do painel, porém devido aos desgastes dos componentes (mais de 25 anos em operação) não está sendo possível utilizar uma compensação de inércia (elevação de corrente e potência) maior no início de bobinamento devido a desarmes. Já está sendo utilizado uma corrente muito próxima da nominal (1318 A  $\Leftrightarrow$  93% da nominal) com valor inseridos



de tensão fixa de 6 t. A tensão ainda não está com valor adequado devido ao baixo rendimento do conjunto (Drive, motor e redutoras) com 93% de potência para material.

Para isso, tem-se o drive ideal a seguir, na qual foi substituído que atenderia todas as necessidades.

O novo equipamento de controle, tinha como especificações técnicas, uma potência de instalação de 1248KW, a uma alimentação de 520VDC, trabalhando a uma corrente de 2400A.

Com isso, atenderia os requisitos para que fosse realizada a preparação do processo do material crítico de produção.

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho apresenta de forma clara e objetiva tópicos essenciais para o funcionamento de um conjunto eletromecânico de uma enroladeira de bobinas de aço de uma indústria metalúrgica, que enfrentava a dificuldade de não poder processar um material crítico que gerava altos lucros à empresa. Esta dificuldade, foi decorrente de um incêndio ocorrido na sala de controle elétrica que afetou o equipamento responsável pelo acionamento da enroladeira de bobinas.

Com isso, foram realizados testes para que a mesma fosse substituída por um outro drive acionador disponível na empresa, porém, este era projetado com a funcionalidade de um outro equipamento similar, sendo assim, a enroladeira foi restabelecida com alguns critérios e limites de funcionamento.

Dentre eles, a produção do material 1500mm x 4,75mm, que necessitava de alguns padrões de funcionamento que o drive não atendia corretamente, porém, era de estudo fundamental a possível produção.

Após os estudos necessários e o comportamento do drive ao processar tal material, foram constatados os empecilhos que dificultavam o funcionamento ideal do equipamento. O custo se tornou elevado para processar, devido aos altos índices de desarmes por sobrecarga no equipamento, gerando paradas de linhas de produção que faziam com que o material ficasse parado ao longo do processo. Um dos exemplos a citar, era o descarte excessivo do material, que por estar parado no tanque de HCL por tempo a mais, retirava a qualidade do material e o mesmo era descartado. Os altos índices de desarmes, faziam com que gerasse mal enrolado no bobinamento, dificultado os próximos tratamentos do material em áreas a frente ou a qualidade.



## REFERÊNCIAS

- BOYLESTAD, Robert. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8 ed. São Paulo: Person, 2004.
- BUXBAUM, A. **Design of control systems for dc drives**. Springer Verlag, 1990. 237p.
- CHAGAS, Naamã Silva. **Cálculos de tensão em bobinamento**. Rio de Janeiro, 2021.
- CHAPMAM, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5 ed. Porto Alegre: Saraiva, 2013.
- COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL (CSN). **Processo de deformação da bobina**. 2012. Disponível em: [www.csn.com.br](http://www.csn.com.br). Acesso em: 28 mar. 2021.
- DEL TORO, Vicent. **Fundamentos de máquinas elétricas**. Ribeirão Preto/SP: LTC, 1999.
- FILZGERALD, A. E.; KINGLEY, Charles; UMANS, JR Stephen D. **Máquinas Elétricas**. 6 ed. 2003.
- HUGHES, Austin. **Electric motors and drives fundamentals: types and applications**. 3 ed. 2006. Disponível em: [http://www.emic-bg.org/files/Electric\\_Motors\\_\\_\\_Drives.pdf](http://www.emic-bg.org/files/Electric_Motors___Drives.pdf). Acesso em: 15 fev. 2021.
- KOSOW, Irving L. **Máquinas elétricas & transformadores**. 15. ed. Porto Alegre: Globo, 2005.
- KOSOW, Irving L. **Máquinas elétricas & transformadores**. 4. ed. Porto Alegre: Globo, 1982.
- LEONHARD, W. **Control of electrical drives**. Springer Verlag, 1990. 346p.
- MAKRO, Milton Gussow. **Eletricidade básica**. 2 ed. rev. ampl. São Paulo: Bookman, 2008.
- MELO NETO, Alberto Oliveira de A. *et al.* **Motores elétricos de corrente contínua**. 2000. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/tecnica/electrif/MotoresCC3.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- MITSUBISHI, desenho z-la3627/LDC TENSION REEL.
- PEREIRA, Willian César de Andrade. **Controle de velocidade sensorless aplicado ao controle direto de torque da máquina de indução**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação). Escola de Engenharia São



Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos – SP, 2014.

PINHEIRO, Hélio. **Geradores e motores CC**: máquinas de corrente contínua. 2006. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-acionamentos-eletricos/apostila-de-maquinas-de-cc-1>. Acesso em: 20 mar. 2021

RASHID, M. H. **Eletrônica de potência**. São Paulo: Makron Books, 1999.

SABENÇA, Silvio de Carvalho. **Controle eletrônico de processo**. USA: Middletown, 2017.

SIEMENS. **Simoreg DC-Master**. 2006. Disponível em: <http://w3.siemens.com.br/drives/br/pt/conversores/conversores-cc/simoreg-dc-master/pages/default.aspx>. Acesso em: 28 mar. 2021.

WEG. **Motores elétricos**: guia de especificação. 2016. Disponível em: <http://www.weg.net/files/products/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.

WEG. **Características e especificações de motores de corrente contínua e conversores CA/CC**. Jaraguá do Sul: WEG, 2007.



**UTILIZAÇÃO DA ESCÓRIA EM BASE E SUB-BASE DE UMA PAVIMENTAÇÃO**

**USE OF SLAG AT THE BASE AND SUB-BASE OF A PAVING**

**Eduarda Roque da Silva<sup>1</sup>  
Ludmilla Barbosa<sup>2</sup>  
Marina Matos Amaral da Silva<sup>3</sup>**

**RESUMO**

A indústria siderúrgica é uma atividade econômica muito importante em nosso país. Entretanto suas atividades geram uma grande quantidade de resíduos como a escória de alto-forno e a escória de aciaria que afetam o meio ambiente. Dessa forma é de ampla importância analisar como uma indústria pode-se trabalhar aliando o crescimento econômico e a preservação da natureza. As escórias podem ser usadas na construção civil em camadas de pavimentação e também como agregado no concreto. A utilização da escória de aciaria em obras rodoviárias permite a substituição dos agregados pétreos tradicionais, possibilita menor utilização de finos durante a compactação da obra, aumenta a drenabilidade quando usado em lastro, entre outros. A escória usada na metodologia foi a de aciaria LD, obtida na Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) – Volta Redonda e os ensaios usados foram: análise granulométrica do solo, ensaio de umidade, ensaio de limite de liquidez e plasticidade do solo, e índice de suporte Califórnia (CBR). As conclusões apontam que com a proposta da escória de aciaria sendo usada em base e sub-base da pavimentação asfáltica, os problemas ambientais em relação a escória na região do Rio de Janeiro (RJ) serão amenizados, e possibilita que engenheiros optem pela utilização deste material, visto que apresenta melhores desempenhos de trabalhabilidade e resistência em relação às misturas com agregados convencionais.

**Palavras-Chave:** Escória. Pavimentação. Indústria. Meioambiente. Resíduos.

**ABSTRACT**

The steel industry is a very important economic activity in our country. However, its activities generate a large amount of waste, such as blast furnace slag and steel slag, which affect the environment. Thus, it is extremely important to analyze how an industry can work combining economic growth and nature preservation. The slag can be used in civil construction in paving layers and also as aggregate in concrete. The use of steel slag in road works allows the replacement of traditional stone aggregates,

<sup>1</sup> Acadêmica. Curso de Engenharia Civil . Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: eduardaroque.s@hotmail.com

<sup>2</sup> Acadêmica. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: ludimilla.barbosa.lb@gmail.com

<sup>3</sup> Acadêmica. Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário de Barra Mansa. E-mail: marinaa.matos20@hotmail.com



llows less use of fines during the compaction of the work, increases drainability when used in ballast, among others. The slag used in the methodology was the LD steel plant, obtained from Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) - Volta Redonda and the tests used were: soil particle size analysis, moisture test, soil liquidity and plasticity limit test, support index California (CBR). The conclusions indicate that with the proposal of steel slag being used in the base and sub-base of asphalt paving, the environmental problems in relation to slag in the RJ region will be alleviated, and allows engineers to choose to use this material, once which presents better workability and resistance performance in relation to mixtures with conventional aggregates.

**Keywords:** Slag. Paving. Industry. Environment. Waste.

### **1 INTRODUÇÃO**

A preocupação com as questões ambientais e a escassez de recursos naturais tem levado as pessoas a buscarem soluções para reaproveitar e combinar esses resíduos no desenvolvimento de produtos de engenharia civil e construção.

A legislação ambiental vigente no Brasil não diferencia resíduo de coproduto, faz com que cada estado da Federação exija autorização ao órgão ambiental estadual para comercializar e utilizar o determinado tipo de escória, tornando o processo totalmente lento e, conseqüentemente, moroso e burocrático.

Toda essa falta de amparo legal dificulta a ampla disseminação do uso das escórias como coprodutos, impactando negativamente, e desestimulando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a novas aplicações para estes materiais.

#### **1.1 OBJETIVOS**

##### **1.1.1 Objetivo geral**

Analisar, através de ensaios, a possibilidade de utilizarmos a escória em base e sub-base na pavimentação, viabilizando a questão técnica, ambiental, social e econômica.

##### **1.1.2 Objetivos específicos**

Analisar se o processo permite maior lucro para as siderúrgicas pela possibilidade de revender seu coproduto e de mesma forma diminuir seu estoque em contrapartida gera diminuição dos gastos por usar uma matéria encontrada com facilidade e o preço de compra será menor do que a compra de outro agregado mantendo uma boa qualidade técnica.



Avaliar o desempenho da aplicação da escória de aciaria em camadas de base e sub-base de uma pavimentação.

### 1.2 ESCÓRIA SIDERÚRGICA

Existem dois tipos de escórias siderúrgicas, com grande produção: as de alto forno e as de aciaria. Impurezas como calcário, sílica, entre outras, formam a escória, que tem causado grande preocupação, pois poluem o meio ambiente e possuem problemas de armazenagem. Além disso, os materiais alternativos para os residuais podem ser mais baratos e geralmente têm melhores características de desempenho do que os materiais tradicionais. A indústria da construção civil pode consumir esse resíduo, mas para aplicá-lo corretamente, é necessário entender suas características e, eventualmente, modificá-lo.

#### 1.2.1 O processo da escória

São obtidas em um forno com temperatura elevada onde acontece reações de resíduos minerais, ela flutua no topo do material formado, localizado na parte inferior do forno, evitando o mesmo de se reoxidar por meio do jato de ar quente que funde do forno. Terminado a produção, o material obtido e a escória são separados, direcionados cada um para seu local devido.

A Escória de alto forno é obtida através da fabricação de ferro gusa. São utilizadas em agregados para concreto e produção de cimento.

A Escória de aciaria é obtida através da fabricação do aço. São utilizadas em materiais para base e sub-base em pavimentações, produção de massa asfáltica, lastro ferroviário, produção de cimento, agricultura, material de nivelamento e cobertura de terrenos e aterros.

#### 1.2.2 Processo de resfriamento

Resfriada a ar ou cristalizada, são depositadas em estado líquido em pátios apropriados, os seus componentes formam distintas fases cristalinas, e com isto não adquirem poder de aglomerante hidráulico. Essa escória é chamada de escória bruta de alto forno e pode ser triturada ou usada como material inerte em várias aplicações para substituir a pedra.

A resfriada com água ou granulada, é feita bruscamente por jatos de água sob



alta pressão. Não havendo tempo suficiente para formação de cristais, essa escória se granula “vitrificando”, podendo ser moída.

### **1.2.3 Características das escórias**

A Escória de aciaria é um material com boa durabilidade, dureza, drenagem livre e elevada resistência ao esmagamento o que permite sua utilização por longos períodos e com uma manutenção mínima, fator de importância técnica e econômica.

Sua desvantagem é possuir um potencial expansivo, causado, principalmente, pela presença de CaO (óxido de cálcio) e MgO (óxido de magnésio) livres em sua composição. Escórias não curadas podem provocar defeitos na pavimentação, como trincas radiais e longitudinais no revestimento e deslocamento rotacional de sarjetas.

### **1.3 CARACTERÍSTICAS DA ESCÓRIA NA PAVIMENTAÇÃO**

Uma grande vantagem do uso de escória de aciaria aplicada em obras rodoviárias, é que ela permite a substituição dos agregados pétreos tradicionais. Devido à maior resistência mecânica, requer menor utilização de finos durante a compactação. Possui melhor comportamento para o efeito da água devido à inexistência de fração fina plástica e melhor drenagem quando usado em lastro. Permite a redução das espessuras de camadas asfálticas necessárias sobre uma camada de base de escória.

As escórias de aciaria também apresentam como característica a hidraulicidade, que é o processo pelo qual o material endurece através da reação com a água. Esse evento recebe o nome de cimentação ou concrecionamento em prática rodoviária.

#### **1.3.1 Utilização da escória na pavimentação**

As escórias de aciaria devem atender aos requisitos estipulados na especificação de materiais, para serem utilizadas como agregado para pavimentação DNER - EM 262/94.

Rohde (2002) comenta os principais pontos das exigências para uso da escória em pavimentação:

O potencial de expansão determinado pelo PTM 130 (PENNSYLVANIA TESTING METHOD), adaptado pelo Departamento de Estradas de Rodagem de





Minas Gerais (atualmente Método DNIT ME 113/2009) diz que precisa no máximo de 3% de expansão ou o valor determinado pela especificação particular de projeto. (NOURELDIN; MCDANIEL, 1989)

As escórias de aciaria não devem conter contaminação com escórias de alto forno ou impurezas orgânicas, solos e outros materiais que possam prejudicar os valores especificados em projeto.

### 1.4 EXPANSIBILIDADE DO AGREGADO SIDERÚRGICO

É de extrema importância que as empresas que produzem e fornecem escória façam um monitoramento de todo o seu tratamento e da sua expansão volumétrica, fazendo ensaios antes de comercializar o produto. A expansão é o problema mais agravante e de extrema relevância quando se pensa em pavimentar com sua utilização, pois essa expansão pode atingir até 10,0%, resultando em erupções do pavimento, sendo que essas erupções podem chegar a até 10 cm de altura (SILVA; MENDONÇA, 2001). Visto isso, percebe-se a importância da cura do material, para que aconteça a estabilização de volume.

Para que se obtenha uma cura mais rápida, segundo Geyer (2001), é preciso lançar jatos de água quente sobre a pilha de escória e posteriormente uma injeção de vapor, este processo faz com que se reduza para 20 dias o tempo de cura.

A norma relata que a expansão da escória de aciaria deve ser no máximo 3% de acordo com o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER-ER 262/94).

## 2 DESENVOLVIMENTO

Neste trabalho buscamos uma solução para os resíduos (escórias de aciaria) que não são utilizados e se acumulam trazendo transtornos ambientais e de armazenagem, entre outros.

Esperamos achar uma maneira desse problema viabilizar o uso dessa escória utilizando os métodos e ensaios apontados anteriormente.

Os ensaios foram realizados com dois tipos de solos diferentes, um que foi retirado na própria faculdade, Centro Universitário de Barra Mansa (UBM) nomeado como solo 1 e o outro na beira do Rio Paraíba do Sul em Volta Redonda nomeado como solo 2.



### 2.1 DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA DO SOLO

As peneiras, devidamente limpas, foram preparadas obedecendo à série normal, de modo a formar um único conjunto de peneiras, com abertura de malha em ordem crescente da base para o topo.

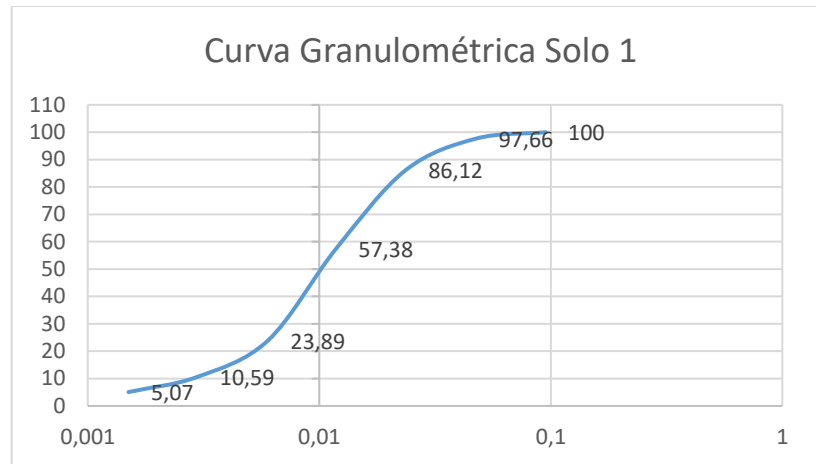
A amostra foi colocada sobre a peneira superior, com o devido cuidado de evitar a formação de uma camada espessa de material sobre qualquer uma das peneiras. Realizamos manualmente a agitação do conjunto de peneiras, por dois minutos, para que os grãos se separassem e por seus diferentes tamanhos na amostra. A agitação foi feita em movimentos circulares alternados e laterais, horizontalmente é inclinado. O material retido na peneira foi removido para uma bandeja, a tela foi devidamente escovada para limpar a peneira. O material removido foi considerado como retido e o despreendido como passante. A amostra de areia ensaiada foi coletada na quantidade de 1 Kg, conforme prescreve a NBR 7217/1987.

Em cada peneira o material que ficou retido foi, então, pesado separadamente, anotando-se o valor dos resultados obtidos da composição granulométrica. Os grãos de agregado miúdo que ficaram presos nas malhas das peneiras foram retirados através da passagem da escova de náilon, de modo que nenhuma partícula fosse perdida.

Ao final do processo, todos os valores dos pesos retidos em cada peneira, foram calculados, definiu-se os percentuais de material retido, o retido acumulado e forneceu os dados para a definição da curva granulométrica do agregado estudado.

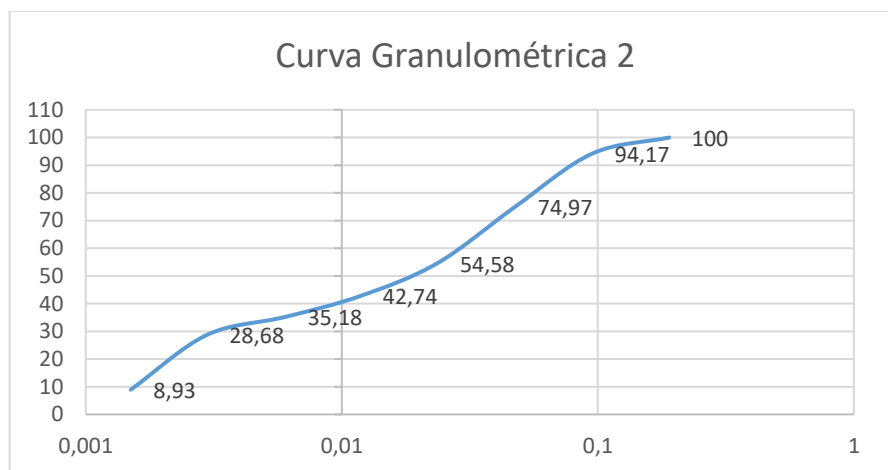


Gráfico - Curva Granulométrica do solo 1



Fonte: Do autor.

Gráfico - Curva Granulométrica do Solo 2



Fonte: Do autor.

## 2.2 UMIDADE DO SOLO

Nosso experimento foi realizado pelo método da estufa, atendendo a norma NBR 6417/2016 embora seja ainda um dos métodos mais antigos, continua sendo o método mais preciso para a determinação do teor de umidade dos solos, uma de suas vantagens comparado aos demais, são que seus resultados são confiáveis, porém traz incomodo pelo tempo excessivo de espera para a obtenção desse índice físico.

Para a realização por meio do método da estufa, utilizamos recipientes de alumínio, balança e a estufa. Primeiramente, pesamos o recipiente em que seria depositado a amostra, depois separamos três porções de solo e pesamos para obtermos o seu peso úmido, em seguida, levamos a estufa de 105 a 110°C durante



24 horas, após passado seu tempo, pesamos e obtemos o peso do solo seco.

O cálculo da umidade foi feito através da equação:

$$H = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} * 100 \quad (1)$$

Onde: M1 = Massa do solo úmida + a massa do recipiente

M2 = Massa do solo seca + a massa do recipiente

M3 = Massa do recipiente

h = Teor de umidade em (%)

Foram apresentados os valores de umidade, para os solos estudados. Com esses resultados fizemos a correlação entre os solos na determinação da umidade.

### Quadro - Teor de umidade do solo

Tabela de Teor de umidade do solo determinados pelo método padrão de estufa nos solos estudados				
Amostras	Amostra úmida (g)	Amostra seca (g)	Cápsula (g)	Umidade (%)
Solo 1	114,9	100,5	55,2	31,79
Solo 2	115,8	99,5	44,8	29,80

Fonte: Do autor.

O solo 2 apresentou melhor resultado, pois no mesmo período dentro da estufa que o solo 1, o mesmo teve o índice de umidade menor. Sabendo que quanto maior o índice de umidade, mais profundas serão as fundações, quanto mais profundas as fundações, mais onerosas as obras ficam e como material para sub base a mesma coisa, as camadas iniciais devem absorver de forma mais rápida toda água que infiltrar.

### 2.3 LIMITE DE LIQUIDEZ DO SOLO

Usamos três amostras do solo 1.

A concha foi preenchida com a amostra de solo 1 sob certa umidade, e verificamos o número de golpes que a concha necessitou para fechar o sulco aberto no solo. Para o corte das ranhuras do solo, foi utilizado um cinzel padronizado. O processo foi repetido para outros níveis de umidade. Nas três amostras foram obtidas:

Amostra 1: o número de golpes necessários para que a ranhura inicie o fechamento deve estar entre 25 e 35 golpes.

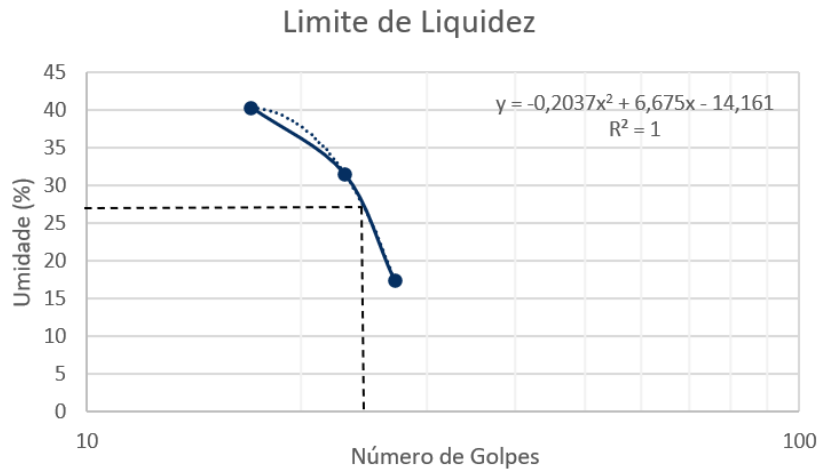
Amostra 2: o número de golpes necessários para que a ranhura inicie o fechamento deve estar entre 20 a 30 golpes.

Amostra 3: o número de golpes necessários para que a ranhura inicie o



fechamento deve estar entre 15 a 25 golpes.

Gráfico – Limite de liquidez do solo



Fonte: Do autor

O limite de liquidez é de 26%.

#### 2.4 LIMITE DE PLASTICIDADE DO SOLO

Seguindo a NBR 7180/1984, colocamos a amostra na cápsula de plástico, e adicionamos água destilada, com o auxílio da espátula obtemos uma pasta homogênea de consistência plástica. Com aproximadamente 10g formou-se uma pequena bola, que ao ser rolada sobre a placa de vidro de superfície esmerilhada moldou-se no formato de um cilindro, de 3 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento, aproximadamente. Foi usado um gabarito cilíndrico para fazer a comparação dessas medidas.

O cilindro fraturou algumas vezes antes de suas dimensões serem obtidas, colocamos novamente a amostra na cápsula, adicionamos água, em seguida homogeneizamos a amostra. Voltamos a fazer o cilindro, conseguindo deixá-lo com os 3 mm de diâmetro e só então começar a fraturar-se. Após ocorrer a fragmentação, as partes do cilindro foram colocados em cápsulas para a determinação do teor de umidade.

A NBR 7180 estabeleceu um método para cálculo do limite plástico. Por meio do cálculo, obtêm-se os valores descritos no (Quadro8) e, a seguir, obtêm-se a média entre os valores calculados.



Os valores obtidos nos testes de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade são necessários para a obtenção do Índice de Plasticidade (IP), que poderá classificar as amostras de solo.

**Quadro - Dados do ensaio de limite de plasticidade do solo**

Cápsula	1	2	3
Peso da Cápsula (g)	5,3	5,72	5,1
Peso Bruto Úmido (g)	12,8	13,72	11,7
Peso Bruto Seco (g)	6,3	7,1	5,9
Peso da Água (g)	6,5	6,62	5,8
Peso do Solo Seco (g)	1	1,38	0,8
Umidade %	19%	25%	34%

Fonte: Do autor.

Média Plasticidade: 25%

IP = 0,26 – 0,25

IP = 0,01 = 1%

**Observação:** Amostra do Solo 2 (Margem do Paraíba) foi descartada por incompatibilidades com o ensaio.

#### 2.5 ENSAIO DO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA (CBR)

Preparação das amostras com quantidades diferentes no solo em que foi melhor avaliado:

Amostra 1 – utilização de 15% de escória: 1500g de solo foi passado na peneira nº 8 (2,36mm), retiramos 15% de solo para substituímos pela escória, sendo 1275g de solo e 225g de escória, umedecemos o solo com 125ml de água, após misturarmos, a amostra foi compactada no corpo de prova, com 12 golpes conforme a NBR 6457/2016. Peso do recipiente: 2389,99g – Amostra úmida: 1604,21g. Sobrecarga colocado em cima da amostra de: 1349g.

Amostra 2 – utilização de 25% de escória: 1500g de solo foi passado na peneira nº 8 (2,36mm), retiramos 25% de solo para substituímos pela escória, sendo 1125g de solo e 375g de escória, umedecemos o solo com 125ml de água, após misturarmos, a amostra foi compactada no corpo de prova, com 12 golpes conforme a NBR 6457/2016. Sobrecarga colocada acima da amostra: 1361,40g.

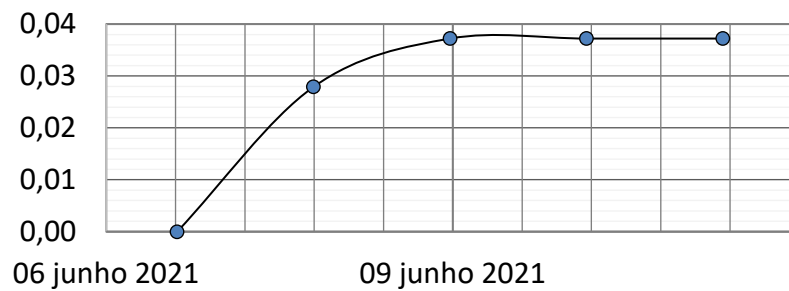
Amostra 3: utilização de 35% de escória: 1500g de solo foi passado na peneira nº 8 (2,36mm), retiramos 35% de solo para substituímos pela escória, sendo 975g de solo e 525g de escória, umedecemos o solo com 125ml de água, após misturarmos,



a amostra foi compactada no corpo de prova, com 12 golpes conforme a NBR 6457/2016. Sobrecarga colocado acima da amostra: 1518,27g.

Em seguida, o corpo de prova foi colocado em um tanque de água, onde ficou imerso por 4 dias.

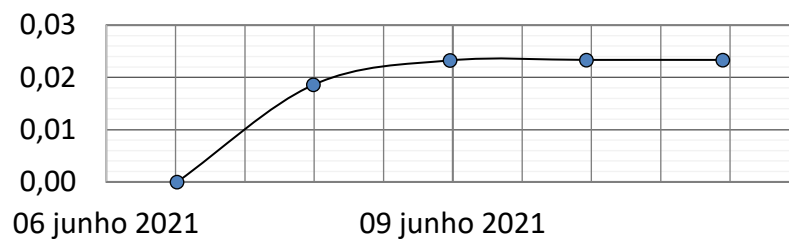
**Gráfico – Curva do corpo de prova 1 com 15% de escória**



**Data**

**Fonte:** Do autor

**Gráfico - Curva do corpo de prova 2 com 25% de escória**

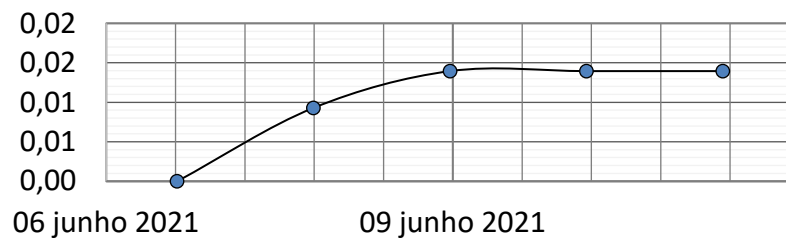


**Data**

**Fonte:** Do autor



Gráfico – Curva do corpo de prova 3 com 35% de escória



Fonte: Do autor

Passados os 4 dias imerso em água, o corpo de prova foi retirado e drenado naturalmente por 15 minutos e assim, colocado na prensa CBR.

Quadro - Dados do corpo de prova 1 com 15% de escória

Penetração (mm)	Pressão (MPa)			ISC (%)
	Calculada	Corrigida	Padrão	
2,54	1,032	1,195	6,90	17,32
5,08	2,486	2,442	10,35	23,59

Fonte: Do autor

Quadro- Dados do corpo de prova 2 com 25% de escória

Penetração (mm)	Pressão (MPa)			ISC (%)
	Calculada	Corrigida	Padrão	
2,54	1,238	1,434	6,90	20,79
5,08	2,984	2,930	10,35	28,31

Fonte: Do autor

Quadro - Dados do corpo de prova 3 com 35% de escória

Penetração (mm)	Pressão (MPa)			ISC (%)
	Calculada	Corrigida	Padrão	
2,54	1,734	2,008	6,90	29,10
5,08	4,177	4,102	10,35	39,64

Fonte: Do autor

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos maiores objetivos do nosso projeto é achar uma maneira de viabilizar o uso da escória de aciaria para pavimentação, em base e sub-bases. Sendo um





obstáculo e objetivo reduzir sua expansão, melhorar outras características assim como avaliar sua resistência.

Através de métodos e ensaios laboratoriais, até mesmo o tratamento dessa escória de modo que sua expansão seja reduzida e não danifique o pavimento, e esteja de acordo com as normas rodoviárias DNIT-EM 262/94 e DNIY-PRO 263/94, tornando assim o projeto viável.

Realizamos o ensaio com dois tipos de solo diferentes, um pego na própria faculdade e o outro na beira do rio paraíba. Começamos com um ensaio do solo para sabermos suas características e assim, qual será seu comportamento com a escória.

Realizamos o ensaio de granulometria. Sabendo que quanto mais uniforme a curva de granulometria for, melhor graduado o solo vai ser. Por isso, podemos ver que o solo que foi melhor graduado foi o solo 1, pois têm uma curva mais uniforme, o que expressa, o fato da existência de grãos com diferentes diâmetros.

Ensaio de Umidade: Para o solo 1 tivemos 31,79% de teor de umidade e 29,80% para o solo 2, sendo assim, podemos concluir que o solo 2 absorve mais água que o solo 1, porque quanto menor o índice de umidade, mais água o solo retém, ele encontra mais dificuldade para absorver a água, demorando mais.

Limite de Liquidez: A partir daqui desse ensaio descartamos o solo 2, por ser muito arenoso não atendeu as características necessárias para a realização desse ensaio, conseqüentemente não atenderia também os demais. Tiramos então 3 amostras do solo 1 e com 25 golpes, arredondando, achamos cerca de 26% de umidade, tanto no gráfico quanto na fórmula.

No ensaio de plasticidade tiramos a média das umidades de cada amostra, sendo elas 19, 25 e 34% achamos uma média de 26%. Começando as verificações, tiramos e adicionamos 5%, sendo um intervalo de 24,7 a 27,3% e o que está dentro desse intervalo é a amostra 2, com 25%.

Ensaio de expansibilidade começamos a analisar misturas de solo e escória. Na amostra 1 temos 85% de solo e 15% de escória. Na amostra 2 temos 75% de solo e 25% de escória e na amostra 3, temos 65% de solo e 35% de escória. E assim, medimos durante 4 dias cada mistura, que foi o tempo que o solo ficou mergulhado em água para o ensaio CBR também. A amostra 1 foi a que mais teve variação de expansibilidade e também a que teve maior expansão. A amostra 2 começou a apresentar estabilidade e expandiu cerca 2%. A amostra 3 também houve estabilidade



e apresentou a menor expansão, não chegando a 2%. A norma DNIT aceita 3% de expansão média, portanto, foi atendido.

Ensaio CBR: com penetrações de 2,54 e 5,08, podemos observar que a amostra 3 apresenta o maior índice CBR, ou seja, uma maior resistência no solo. Sendo assim, a amostra 3 é avaliada como melhor amostra, confirmando também o que vimos no outro ensaio, expansibilidade.

O trabalho foi feito com o intuito de minimizar os problemas ambientais da nossa própria região (Volta Redonda- RJ), onde encontramos diversas pilhas de escória a céu aberto. Suas desvantagens não afetam de forma significativa, porém seu uso pode ser limitado. Segundo Pacheco (2017), misturas com agregado siderúrgico apresentam valores maiores na relação entre o módulo de resiliência e a resistência à tração, mostrando um pior desempenho à fadiga, em comparação com misturas convencionais, essas misturas não podem ser feitas com 100% de agregados siderúrgicos por não se enquadrarem na faixa C – DNIT, por carência de material fino (a partir da peneira nº 4), devendo ser complementadas por outros materiais de granulometria miúda, o que foi atendido em nossa pesquisa, com a adição de 35% de escória. Podemos então concluir que através dos resultados obtidos e de pesquisas feitas com o mesmo objetivo, a utilização do agregado siderúrgico pode ser utilizada, pois possuem características apropriadas se utilizado da maneira correta, em especial, com a adição de 35% de escória, auxiliando a redução dos estoques das siderúrgicas além de, permitir eventuais ganhos financeiros com a venda desta matéria-prima. Elas podem ser reutilizadas e recicladas, objetivando a redução dos impactos ambientais, pelo seu descarte em aterros, beiras de rio, como é o nosso caso aqui na região. Além da redução econômica pela substituição da brita pela escória.

### REFERÊNCIAS

BLOCOS para pavimentação com escória de siderurgia. Tetracon, 2017. Disponível em: <https://tetraconind.com.br/blog/blocos-para-pavimentacao-com-escoria-de-siderurgia/>. Acesso em: 05 de outubro, 2020.

BORGES, A. H. P. **Uso da escória de aciaria como agregado siderúrgico: uma discussão sobre os aspectos ambientais e legais no Brasil**. 2020. 86 f. Mestrado (Especialização em Tecnologia, na Área de Ambiente) - Universidade Estadual de



Campinas, Limeira, 2020. Disponível em:

[http://143.106.10.215/bitstream/REPOSIP/343654/1/Borges\\_PedroHenriqueAndrade\\_M.pd](http://143.106.10.215/bitstream/REPOSIP/343654/1/Borges_PedroHenriqueAndrade_M.pd). Acesso em: 05 out. 2020.

BRAGA, Hérika. **Uso de escória de aciaria em misturas asfálticas de módulo**

**elevado**. 2008. 8 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ. Disponível em:

<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/viewFile/22/14>. Acesso em: 07 de agosto, 2020.

CBR ou ISC - Ensaio geotécnicos - O ensaio mais utilizado pelo engenheiro de pavimento. Suporte Sondagens e Investigações, 2011. Disponível em:

<https://www.suportesolos.com.br/blog/cbr-ou-isc-ensaios-geotecnicos-o-ensaio-mais-utilizado-pelo-engenheiro-de-pavimento/32/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

DETERMINAÇÃO do Índice de Suporte Califórnia (CBR) - Ensaio Geotécnico.

Suporte Sondagens e Investigações, 2011. Disponível em:

<https://www.suportesolos.com.br/blog/determinacao-do-indice-de-suporte-california-cbr-ensaio-geotecnico-resumo/129/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

DETERMINAÇÃO do limite de plasticidade. Universidade Federal de Lavras. 22 de março, 2018. Mecânica dos solos I. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=lpnz0FA78DM>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DETERMINAÇÃO do teor de umidade dos solos. MT – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 22 de agosto, 2017. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=eTk835ThbSc>. Acesso em: 15 jun. 2021.

DOCSITY. **Relatório de ensaio de granulometria do agregado miúdo areia**.

Disponível em: docsity-relatorio-03-relatorio-do-ensaio-de-granulometria-do-agregado-miudo-areia.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

ENSAIO CBR ou Índice de Suporte Califórnia. Biopdi. Disponível em:

<https://biopdi.com.br/artigos/ensaio-cbr-indice-suporte-california/>. Acesso em: 16 jun. 2021.

MARTINI, M. **Avaliação do potencial de expansão de agregados siderúrgicos através da difratometria de raios x e método de Rietveld**. 2015. 43 p.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharias de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

MONTANHA de escória após obras da CSN põe Rio Paraíba do Sul em risco.

**Banda News FM RIO**, 2020. Disponível em: <https://bandnewsfmrio.com.br/editorias-detalhes/montanha-de-escoria-apos-obras-da-csn-poe-rio>. Acesso em: 27 jun. 2021.

OLIVEIRA, Francisco. **Validação do método speedy para determinação da umidade de diferentes tipos de solos**. UFERSA, 2019. Disponível em:

[https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4630/1/FranciscoROL\\_ART.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4630/1/FranciscoROL_ART.pdf). Acesso em: 16 jun. 2021.



PACHECO, Jacson. **Estudo sobre o uso da escória de aciaria de forno elétrico como agregado em misturas asfálticas.** UNIVATES. Lajeado, junho de 2017.

Disponível em:

<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1643/1/2017JacsonSamuelPacheco.PDF>. Acesso em: 16 jun. 2021.

PAVIMENTAÇÃO: o que há por baixo do asfalto esburacado. **CARGO BR**, 18 set. 2019. Disponível em: <https://blog.cargobr.com/pavimentacao/>. Acesso em: 17 jun., 2021.

PINHEIRO, Baltazar Rodrigo. Caracterização do fator expansão de uma escória de aciaria em diferentes processos de cura para uso em pavimentação. UFV, 2001. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/7724>. Acesso em: 03 out. 2020.

POLESE, Marina de Oliveira *et al.* Caracterização microestrutural da escória de aciaria. **Matéria**, 2006, v. 11, n. p. 442-452, 2007. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1517-70762006000400011>. Acesso em: 05 out. 2020.

SANTOS, Diego. **Avaliação laboratorial de mistura asfáltica do tipo SMA com agregado siderúrgico.** COPPE, UFRJ. 2012. 157 p. Disponível em:

[http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe\\_m/DiogoSantosTavares.pdf](http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/DiogoSantosTavares.pdf). Acesso em: 27 out. 2020.

SILVA, André Alisson Rodrigues da; OLIVEIRA, Raucha Carolina de. **Ensaio de limite de liquidez e plasticidade.** 2016. Campina Grande, PB. Disponível em:

<https://www.passeidireto.com/arquivo/39111718/relatorio-do-ensaio-de-limite-de-liquidez-e-plasticidade>. Acesso em: 15 jun. 2021.

SOUSA, Gustavo Marçal de. **Proposta de metodologia para lavra de barragens de rejeitos de ferro construídas pela técnica de aterro hidráulico.** 2020. 419 f.

Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2020. Disponível em:

<http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/13145>. Acesso em: 04 out. 2020.

TAVEIRA, Márcio. **Determinação do conteúdo de água de solo pelo método da frigideira em um latossolo vermelho escuro.** Universidade Federal de Goiás, UFG. Goiânia, GO. Disponível em:

<http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-marcio-rodrigues.pdf>. Acesso em: 16 de junho, 2021.

VELTEN, Rodrigo Zorzal *et al.* Caracterização mecânica de misturas solo-escória de alto-forno granulada moída para aplicações em estradas florestais. *Revista Árvore* 2006, v. 30, n. 2, p. 235 – 240, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200010>. Acesso em: 22 set. 2020.



## UTILIZAÇÃO DO INDICADOR DE EFICÁCIA GLOBAL (OEE) APLICADO EM TORNEARIA COM BASE EM SEU PLANO DE MANUTENÇÃO E PRODUÇÃO

### USE OF THE GLOBAL EFFECTIVENESS INDICATOR (OEE) APPLIED IN TOURING BASED ON ITS MAINTENANCE AND PRODUCTION PLAN

Dener Martins dos Santos<sup>1</sup>  
Fabrício Landim Carvalho<sup>2</sup>  
Isabela de Souza Romualdo<sup>3</sup>  
Yam Carneiro Pinto de Freitas<sup>4</sup>

#### RESUMO

Este trabalho teve como finalidade realizar um estudo de caracterização da qualidade do serviço de manutenção, a partir da Utilização do Indicador de eficácia global (Overall Equipment Effectiveness – OEE). Tendo em vista a amplitude de aplicação da OEE, focou-se na sua respectiva aplicação voltada para um plano de manutenção, melhores procedimentos e como estes procedimentos resultariam em resultados mais confiáveis, a partir do monitoramento e controle das diferentes etapas inerentes. Mediante isto, a metodologia empregada para a caracterização do tema proposto foi o desenvolvimento de um estudo de melhoria da manutenção embasado no OEE, aplicado na indústria, visando um melhor aproveitamento em máquinas-ferramentas (especialmente em Torno Mecânico), e por conseguinte sua vida útil, assim, otimizando seu tempo de trabalho. Os resultados teóricos obtidos na modelagem matemática indicaram uma performance operacional de 72,24% para a situação simulada, que foi inferior aos 85% que normalmente é idealizado. Este resultado encontrado apesar de ser inferior ao ideal, permitiu demonstrar como a aplicação do OEE gerou um ganho na rotina de operação, uma vez que a modelagem matemática, não conseguiu prever condições alheias e não previstas que normalmente ocorrem na operação de tornearia.

**Palavras-chave:** Manutenção. Indústria. Eficácia. OEE. Equipamento.

#### ABSTRACT

This work aimed to carry out a study to characterize the quality of the maintenance service, based on the use of the global efficiency indicator (Overall Equipment Effectiveness - OEE). Considering the scope of application of the OEE, it focused on its respective application aimed at a maintenance plan, better procedures and how these procedures would result in more reliable results, from the monitoring and control of the

<sup>1</sup> Professor Doutor - Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ e Professor Adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), RJ. e-mail: dener.martins@ubm.br;

<sup>2</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fabricio.landim11@hotmail.com;

<sup>3</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica. Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: isabela.romualdo\_@hotmail.com;

<sup>4</sup> Acadêmico – Curso de Engenharia Mecânica. do Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: yan.harper14@gmail.com



different inherent steps. Therefore, the methodology used for the characterization of the proposed theme was the development of a maintenance improvement study based on the OEE, applied in the industry, aiming at a better use in machine tools (especially in Mechanical Lathe), and therefore its life. useful, thus optimizing your working time. The theoretical results obtained in the mathematical modeling indicated an operational performance of 72.24% for the simulated situation, which was lower than the 85% that is normally idealized. This result found, despite being less than ideal, allowed to demonstrate how the application of OEE generated a gain in the operation routine, since the mathematical modeling was not able to predict extraneous and unforeseen conditions that normally occur in the turning operation.

**Keywords:** Maintenance. Industry. Efficiency. OEE. Equipment.

### 1 INTRODUÇÃO

A Primeira Revolução Industrial impactou um grande crescimento na metalurgia. E com isso um grande aumento na utilização das máquinas industriais, conseqüentemente aumentando uma maior demanda de manutenções mecânicas em seus respectivos equipamentos. A partir da chegada da Segunda Revolução Industrial e a melhoria da tecnologia, o mundo obteve um aumento considerável no consumo de produtos industrializados.

Após as duas guerras mundiais, foi reorganizado o capitalismo no mundo, onde a mobilidade do capital das empresas e a revolução tecnológicas refletiu no aumento da economia no mundo. Assim, indústrias de grande porte corroboraram com o crescimento de tecnologias modernas, assim, dando início a Terceira Revolução Industrial e juntamente com a Globalização.

Diante de tal cenário a maior demanda surgiram inúmeros problemas na fase de produção dos produtos, onde a manutenção adequada se torna essencial para um melhor aproveitamento dos equipamentos. Em finalidade de uma melhoria no mesmo, o indicador de eficácia global (OEE) na qualidade do serviço de manutenção, se tornou originalmente recorrente no setor automobilístico e atualmente em vários seguimentos da indústria para apoiar o planejamento e a gestão do uso de equipamentos.

#### 1.1 OBJETIVOS

##### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma análise utilizando o Indicador de Eficácia Global (OEE), em um estudo de caso de um Torno CNC em ambiente industrial



### 1.1.2 Objetivo Específico

Aplicar a ferramenta OEE, com a finalidade de quantificar o desempenho da máquina no processo de tornearia com base no seu plano de manutenção atual, para verificar se o equipamento escolhido está alcançando o seu desempenho ideal.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

A utilização do Indicador de Eficiência Global (OEE), vem crescendo cada vez mais no dia a dia das empresas como meio de melhorar e otimizar a performance operacional nos mais diferentes seguimentos industriais. Ela se mostra muito importante para um eficaz plano de manutenção, para que haja um melhor proveito na produção e utilização dos equipamentos ora disponíveis. Este capítulo enverada, principalmente nas características dessa metodologia.

### 2.1 HISTÓRICO DO OEE

Segundo Amorim (2009) *apud* Augusto (2017) o OEE foi criado por Seiichi Nakajima, onde teve origem no TPM (Manutenção Produtiva Total) que era parte integrante do TPS (Total Production System ou Sistema Toyota de Produção), tinha o objetivo de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também uma forma de medir a melhoria contínua dos equipamentos e processos.

Ao fim da Segunda Grande Guerra Mundial, muitas empresas japonesas, com foco principal de melhorar a qualidade de seus produtos, e com objetivo de maiores lucros, pretendendo avançar no mercado competitivo global, buscaram tanto na Europa quanto nos Estados Unidos, técnicas de gerenciamento das fabricas destes países, para poder aplicá-las no Japão (NAKAJIMA, 1993 *apud* DESIOMBRA *at al*, 2014).

Foi descrito por Hansen (2006) *apud* Paulista *at al* (2017), que atualmente, a OEE é considerada um dos indicadores mais importantes na medição do desempenho da fábrica, pois pode ser usado para aumento de produtividade e dos lucros da empresa.

### 2.2 CARACTERÍSTICAS DO OEE

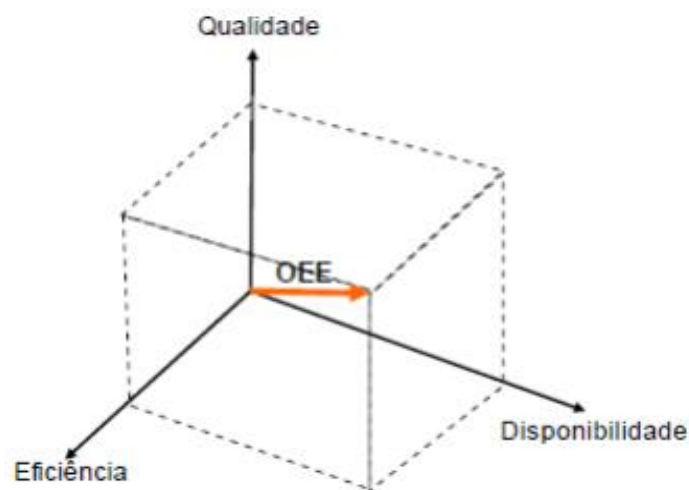
Nakajima (1993) *apud* Desiombra (2014), define o cálculo de OEE como



ferramenta fundamental na obtenção e análise de eficiência dos equipamentos, e que permite detalhes das perdas que afetam a produtividade.

O OEE é um indicador de desempenho que é medido através de uma forma tridimensional, como descrito na figura 01, levando-se em consideração o tempo que o equipamento possui para produzir, a eficiência perante o tempo de funcionamento e a qualidade do produto obtida no determinado processo (AMORIM, 2009 *apud* AUGUSTO, 2017).

Figura 01: Tridimensional do OEE



Fonte: AMORIM (2009 *apud* AUGUSTO, 2017)

Paulista et al (2017) afirmou que a medição da eficácia global dos equipamentos pode ser aplicada de diferentes formas e objetivos. O OEE permite indicar áreas onde devem ser desenvolvidas melhorias, permitindo quantificar as melhorias desenvolvidas nos equipamentos, células ou linhas de produção ao longo do tempo. A análise do OEE de um grupo de máquinas de uma linha de produção ou de uma máquina permite identificar o recurso com menor eficiência, possibilitando, desta forma, focalizar esforços nesses recursos.

Segundo Nakajima (1989) *apud* Paulista et al (2017) um OEE de 85% deve ser buscado como meta ideal para os equipamentos. Empresas que obtiveram OEE superior a 85% ganharam o prêmio TPM Award. Para se obter esse valor de OEE é necessário que seus índices sejam de: 90% para disponibilidade 95% performance 99% qualidade. A figura 02 de Santos et al (2007), mostra que as perdas estão





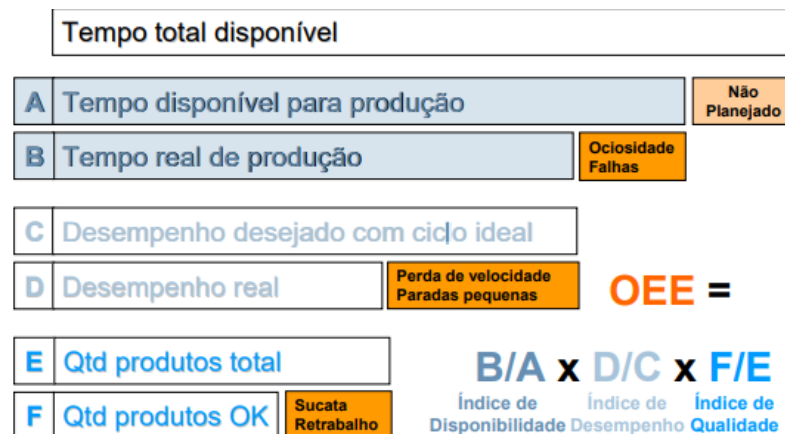
divididas de forma que uma ou mais está ligada a um dos índices que compõe o cálculo de eficiência. Segundo Santos *et al* (2007) a figura 03 representa a sistemática de cálculo do indicador OEE.

Figura 02: Elementos da Eficácia Global de uma Máquina



Fonte: SANTOS *at al* (2007)

Figura 03: OEE: Sistemática de cálculo



Fonte: SANTOS *at al* (2007)

De acordo com Nakajima (1989) *apud* Paulista *at al* (2017), OEE é mensurado a partir da estratificação das seis grandes perdas e calculado através do produto dos índices de Disponibilidade, Performance e Qualidade, conforme equação (01). Segundo Chiaradia (2004) *apud* Santos *at al* (2007) os índices do OEE podem ser



calculados através das equações de 1 a 6:

$$OEE (\%) = DISPONIBILIDADE \times PERFORMANCE \times QUALIDADE \quad (01)$$

Segundo Santos *at al* (2007) o primeiro Índice de disponibilidade responde a seguinte questão: “A máquina está funcionando?”. Para isso, são consideradas, as perdas de gestão (aguardando programação, falta de operador, falta de ferramental, aguardando produto da operação anterior, etc.), e as perdas por paradas não programadas (manutenção, setup, aguardando laudo, falta de energia elétrica, etc.).

Santos *at al* (2007) afirmou que a equação 02 se referia ao cálculo do tempo de carga (sendo consideradas paradas programadas: manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos, reuniões, etc.), a equação 03 refere-se ao cálculo do tempo real de disponibilidade e a equação 04 ao cálculo da Disponibilidade.

$$Tempo \ de \ Carga \ (TC) = Tempo \ Teórico \ Disp. - Paradas \ Programadas \quad (02)$$

$$Tempo \ Real \ Disp. \ (TRD) = Tempo \ de \ Carga - Paradas \ não \ programadas \quad (03)$$

$$Disponibilidade \ (\%) = \frac{TRD}{TC} \times 100 \quad (04)$$

Santos *at al* (2007) descreveu que o segundo Índice de Performance respondia a seguinte questão: “A máquina está rodando na velocidade máxima?”. Este índice pode ser obtido através da equação 05.

$$Performance \ (\%) = \frac{Peças \ Produzidas \ (pcs)}{Tempo \ Standard \ (\frac{pcs}{h}) \times Tempo \ Real \ Disponível \ (h)} \times 100 \quad (05)$$

Nakajima (1989) *apud* Santos *at al* (2007) descreveu que a diferença entre a performance teórica e real se devia as perdas relacionadas às pequenas paradas e à queda de performance da máquina (queda da velocidade para qual a máquina foi projetada). Índice de Qualidade: O terceiro índice que compõe o OEE responderia a seguinte questão: “A máquina está produzindo com as especificações certas?”. Este índice pode ser obtido através da equação 06.



$$Qualidade (\%) = \left( \frac{Peças Produzidas - Peças Refugadas - Peças Retrabalhadas}{Peças Produzidas} \right) \times 100 \quad (06)$$

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado as informações de quais métodos foram utilizados para elaboração da pesquisa, quais os cenários observados, os instrumentos de pesquisa e os participantes. Nesta pesquisa utilizou-se a abordagem quantitativa; que segundo OSWALDO (2001) esta tem como característica permitir uma abordagem focada e pontual e estruturada ao se utilizar dados quantitativos.

A coleta dos dados contou com o auxílio e a ajuda de inspetores que forneceram as informações úteis para o projeto. Tais informações descreveram a respeito do dia a dia de um torno CNC e suas especificações técnicas, para que assim, se pudesse analisar o OEE (Eficiência Global do Equipamento) que permitiu calcular a eficiência do equipamento.

#### 3.1 MODELO DE TORNO ESCOLHIDO

O torno usado para as pesquisas foi um torno CNC NARDINI LOGIC 500 que é basicamente um torno de engenharia mecânica, utilizado na usinagem de precisão, com controle numérico computadorizado. Ele é usado para fabricar peças cilíndricas mais complexas, e consegue atingir resultados precisos.

O seu funcionamento é basicamente a fixação da peça feita por castanhas fixadas em uma placa que vem acoplada ao eixo central do torno CNC, chamado de eixo árvore. Também podemos usar o contraponto que é fixado em um corpo, que normalmente fica no barramento do eixo Z, na posição contrária à placa e à luneta, que fica entre a placa e o ponto, que é geralmente usado para fixar peças longas.

Para operar esse torno é preciso um operador treinado e capacitado, pois sua programação requer um conhecimento avançado em tornearia, geralmente são operadores mais experientes e de confiança, já que o custo da máquina e da manutenção é muito alto comparado aos tornos convencionais, o modelo de torno citado está exemplificado na figura 07.



Figura 07: Torno NARDINI LOGIC 500



Fonte: Indústrias Nardini S/A.

### 3.2 ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE

Refere-se a disponibilidade do equipamento, expressa a relação entre o percentual e o tempo em que o equipamento operou na realidade e o tempo que deveria ter operado. Este índice responde a seguinte questão: “A máquina está funcionando?”

Paradas Programadas: manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos, reuniões, etc.

Paradas Não Programadas: quebra de máquina, falta de operador, falta de matéria prima, falta de energia elétrica, etc.

A Disponibilidade é composta pelos seguintes Indicadores: o tempo total considerado é a quantidade de horas totais do mês. Neste cálculo se utiliza o total de dias no mês, multiplicado por 24 horas, conforme equação 07.

$$\text{Tempo total} = N^{\circ} \text{ de dias} \times 24h \quad (07)$$

Tempo de carga (TC): O tempo planejado, como pode ser visto na equação 8, é o tempo total retirando-se as paradas programadas (PP), como, manutenção preventiva ou programada, almoço, treinamentos, reuniões, etc.

$$TC = \text{Tempo total} - \text{Paradas programadas} \quad (08)$$

Tempo Real Disponível: O Tempo Real Disponível (TRD) é considerado o período em que houve produção no torno, ou seja, as perdas de disponibilidade (paradas não programadas) são excluídas do tempo de produção planejada para obter o TRD. A equação 09 apresenta a fórmula do TRD.



$$TRD = \text{Tempo de carga} - \text{Paradas não planejadas} \quad (09)$$

As paradas não-programadas (PNP) são eventos imprevistos durante o processo de produção do material. Por exemplo: manutenção, aguardando laudo, falta de energia elétrica, etc.

A equação 10 apresenta a fórmula da disponibilidade, a partir das informações obtidas nas equações anteriores de 01 a 09.

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{TRD}{TC} \times 100 \quad (10)$$

### 3.3 ÍNDICE DE PERFORMANCE

Índice de Performance - Representa em porcentagem o real ciclo de tempo do equipamento quando está em operação e o tempo teórico de ciclo normalmente determinado pela Engenharia Industrial. Esse índice responde a seguinte questão: “A máquina está rodando na velocidade máxima?”

Esse índice é na maioria dos casos afetado por reduções na velocidade de operação dos equipamentos, por pequenas paradas não programadas, por espera de alguma matéria prima faltante, por bloqueio causado por algum outro recurso à frente no fluxo de produção (MORAES, 2004, p. 45).

Para Nakajima (1989), a diferença entre a performance teórica e real deve-se às perdas relacionadas às pequenas paradas e à queda de performance da máquina (queda da velocidade para qual a máquina foi projetada). A Performance é composta pelos seguintes indicadores, e está descrita na equação 11:

Peças Produzidas: Quantidade de peças que pode ser produzida em um turno, dia, semana, mês e ano num determinado equipamento.

Tempo Standard: O tempo standard é a quantidade de peças que o equipamento pode produzir em uma hora ou em um minuto.

Tempo Real Disponível: O Tempo Real Disponível (TRD) é considerado o período em que realmente houve produção na planta fabril, ou seja, as perdas de disponibilidade (paradas não programadas) são excluídas do tempo de produção planejada para obter o TRD.

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas}}{\left(\text{Tempo Standard} \left(\frac{\text{PCS}}{\text{hr}}\right) \times \text{Tempo Real Disponível (h)}\right)} \times 100 \quad (11)$$



A Performance também pode ser calculada através da equação 12.

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Qtd peças boas} + \text{qtd peças ruins}}{\text{Qtd de peças esperadas}} \times 100 \quad (12)$$

Ao utilizar esse método de cálculo de Performance, é possível chegar no real valor, ao contrário caso opte por utilizar a primeira opção de fórmula citada nesse mesmo item, o valor iria ser não equivalente a realidade pois como as peças produzidas nesse tipo específico de torno são peças de longa duração de trabalho, onde são feitas modificações em uma peça já existente, assim não são feitas do zero. Caso o cálculo fosse feito a partir da primeira equação seria um resultado inexato pois o Tempo Standard (pçs/hr) seria um valor extremamente baixo, o que impactaria no desenvolvimento do cálculo e seu resultado, por tanto é viável usar a segunda opção de equação.

### 3.4 ÍNDICE DE QUALIDADE

Esse índice calcula a capacidade de fazer o produto corretamente na primeira vez. Este índice é de simples visualização, pois é focado nos tempos gastos com refugos e retrabalhos. Esse índice responde a seguinte questão: “A máquina está produzindo com as especificações corretas?” Os indicadores que compõem a qualidade são e pode ser descrita matematicamente pela equação 13:

**Peças Produzidas:** É a quantidade de peças que pode ser produzida em um turno, dia, semana, mês e ano num determinado equipamento.

**Peças Refugadas:** São as peças descartadas que não tem como ser recuperadas, que ocorre em função da falha de um equipamento, operador ou material.

**Peças Retrabalhadas:** São peças produzidas com defeito que podem ser recuperadas.

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Refugadas} - \text{Peças Retrabalhadas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100 \quad (13)$$



### 3.5 ÍNDICE DO OEE

Essa equação 14 indica a efetividade global do equipamento multiplicando os resultados dos índices a cima citados, relatando ou não se está na porcentagem ideal de produção.

$$Oee = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (14)$$

O OEE ideal seria de 85%, sendo parcialmente em:

- Disponibilidade acima de 90%.
- Desempenho (Performance) no mínimo 95%.
- Qualidade no mínimo 99%.

### 3.6 INFORMAÇÕES DIÁRIAS DO TORNO

#### 3.6.1 Paradas esperadas e inesperadas

A obtenção das informações de paradas do torno fora identificada para se avaliar a rotina operacional deste. Assim se criou uma tabela de dados utilizando o mês de janeiro de 2020 como base dos horários, esses horários foram inseridos em cálculos para chegar ao objetivo de avaliar o seu desempenho.

O torno CNC utilizado para a pesquisa, é um torno que funciona 24 horas por dia em uma escala de turno de 8 horas (07h00min às 15h00min, 15h00min às 23h00min e das 23h00min às 07h00min), cada detalhe desses horários foi levado em questão para os cálculos, e para conseguir as informações foi preciso à ajuda de funcionários e supervisores da máquina, conforme apresentado na tabela 01.



Tabela 01: Horário de operação do torno CNC

Turno de 8hrs / 24 hrs por dia								
Janeiro	Manutenção preventiva	Troca de Óleo	Troca de Turno	Almoço/janta	Parada inesperada	Manutenção Corretiva	Preparação da maquina	Total Por dia
01/01/2020			1:20:00	3:00:00	4:00:00		2:24:00	10:44:00
02/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00	2:40:00		4:12:00	11:42:00
03/01/2020			1:20:00	3:00:00			2:09:00	6:29:00
04/01/2020			1:20:00	3:00:00			3:10:00	7:30:00
05/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00	1:00:00		0:23:00	6:13:00
06/01/2020			1:20:00	3:00:00			2:18:00	6:38:00
07/01/2020			1:20:00	3:00:00			1:55:00	6:15:00
08/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00			2:08:00	6:58:00
09/01/2020			1:20:00	3:00:00			1:53:00	6:13:00
10/01/2020			1:20:00	3:00:00	3:00:00		1:42:00	9:02:00
11/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00		2:00:00	1:55:00	8:45:00
12/01/2020			1:20:00	3:00:00			1:00:00	5:20:00
13/01/2020			1:20:00	3:00:00			2:08:00	6:28:00
14/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00			1:00:00	5:50:00
15/01/2020			1:20:00	3:00:00	0:40:00		0:14:00	5:14:00
16/01/2020								
17/01/2020					24:00:00			48:00:00
18/01/2020			1:20:00	3:00:00	1:00:00		1:46:00	7:06:00
19/01/2020			1:20:00	3:00:00		1:00:00	1:39:00	6:59:00
20/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00			1:23:00	6:13:00
21/01/2020			1:20:00	3:00:00	2:00:00		1:07:00	7:27:00
22/01/2020			1:20:00	3:00:00			2:08:00	6:28:00
23/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00	3:00:00	0:10:00	1:46:00	9:46:00
24/01/2020			1:20:00	3:00:00			0:17:00	4:37:00
25/01/2020			1:20:00	3:00:00	0:50:00		6:56:00	12:06:00
26/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00			1:04:00	5:54:00
27/01/2020			1:20:00	3:00:00	1:00:00		3:57:00	9:17:00
28/01/2020			1:20:00	3:00:00	2:00:00		1:09:00	7:29:00
29/01/2020		0:30:00	1:20:00	3:00:00			1:20:00	6:10:00
30/01/2020			1:20:00	3:00:00	0:25:00		1:39:00	6:24:00
31/01/2020			1:20:00	3:00:00			2:02:00	6:22:00
Total por mês	48:00:00	4:30:00	38:40:00	87:00:00	21:35:00	3:10:00	56:44:00	
Total					259:39:00			

Fonte: Autores

A descrição pormenorizada dos dados indicativos descritos na figura 08, são apresentados a seguir:

### Manutenção preventiva (Coluna B)

A manutenção preventiva ocorre quando é feita de forma a prevenir um futuro problema, ou falha, feita mensalmente, parando a máquina por 48h para trocar todos os componentes que precisam de reposição e realizar todos os ajustes necessários.

### Troca de óleo (coluna C)

Um torno precisa estar com o seu nível de óleo sempre na medida exata, ele precisa ser abastecido com óleo hidráulico, óleo de barramento e óleo solúvel, a cada três dias, um mecânico lubrificador faz uma parada para verificar seus níveis.

### Troca de turno (coluna D)

Dentro de uma empresa onde se trabalha com turno, a segurança e a informação são itens importantes. A cada troca de turno é necessário realizar a reunião de segurança e passar para o próximo turno todas as informações para prosseguir com o serviço iniciado.

### Almoço e janta (Coluna E)

A empresa em que foram coletados os dados dispõe ao seu funcionário 1h de almoço ou janta, dependendo do horário em que ele está trabalhando.

### Manutenção corretiva (Coluna F)





Para coletar a informação de manutenção corretiva, foi necessário entrar em contato com a equipe de manutenção do torno, que nos forneceu os dias em que ocorreu uma quebra e tornou-se necessário parar a máquina pra manutenção.

### **Preparação da máquina (Coluna G):**

Antes de realizar uma atividade no torno, é necessário preparar toda configuração e prender a peça. Para obter essa informação, foi necessário entrar em contato com os funcionários da máquina e fazer um levantamento do tempo gasto na preparação de cada serviço feito no mês.

### **3.6.2 Peças Retrabalhadas**

A obtenção do resultado exato do desempenho de uma máquina dentro de uma empresa, foi necessário ter as informações dos respectivos retrabalhos. Esse retrabalho foi o serviço feito de forma incorreta, tendo assim refazê-lo, consertando o que já fora feito, ou, tendo que começar tudo de novo.

Na Tabela 02 foi verificado a quantidade de peças que foram retrabalhadas, o tempo que foi perdido (informação obtida na empresa) e o tipo de serviço a ser feito. Esses valores foram utilizados para calcular o desempenho dentro de um mês.



**Tabela 02: Peças Retrabalhadas**

Peças Retrabalhadas			
Janeiro	Quantidade	Tempo perdido	Classificação
01/01/2020			
02/01/2020			
03/01/2020			
04/01/2020			
05/01/2020	1	3:30:00	Dimensional
06/01/2020			
07/01/2020			
08/01/2020			
09/01/2020	1	6:00:00	Dimensional + Retrabalho
10/01/2020			
11/01/2020			
12/01/2020			
13/01/2020			
14/01/2020			
15/01/2020	1	2:40:00	Dimensional
16/01/2020	Manutenção Preventiva		
17/01/2020			
18/01/2020	1	3:20:00	Serviço incompleto
19/01/2020			
20/01/2020	1	1:45:00	Dimensional
21/01/2020			
22/01/2020			
23/01/2020			
24/01/2020			
25/01/2020			
26/01/2020	1	4:20:00	Serviço incompleto
27/01/2020			
28/01/2020			
29/01/2020			
30/01/2020	1	3:20:00	Serviço incompleto
31/01/2020			
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>24:55:00</b>	

Fonte: Autores

### 3.6.3 Serviços concluídos

Para completar os dados coletados do torno, foi preciso à informação das peças finalizadas, essas peças são as que foram totalmente concluídas e aprovadas pelo controle de qualidade da empresa. Conforme é apresentada na tabela 03, mostra a quantidade de serviços feitos no dia, a classificação de cada um e o tempo gasto para concluí-lo.



**Tabela 03: Serviços concluídos**

Serviços Concluídos			
Janeiro	Quantidade	Classificação	Tempo
01/01/2020	1	Porca	13:16:00
	1	Pinos	
02/01/2020	1	Acoplamento	12:18:00
	1	Porca	
03/01/2020	1	Eixo	17:31:00
	1	Porca	
04/01/2020	1	Colar Bipartido	16:30:00
	1	Tirantes	
05/01/2020	1	Eixo	21:17:00
06/01/2020	1	Eixo	17:22:00
07/01/2020	1	Conj. de Roda	17:45:00
08/01/2020	1	Conj. de Roda	17:02:00
09/01/2020	1	Eixo	23:47:00
10/01/2020	1	Eixo	14:58:00
11/01/2020	1	Porca	15:15:00
12/01/2020	1	Parafuso	18:40:00
13/01/2020	1	Eixo	17:32:00
14/01/2020	1	Bucha	18:10:00
15/01/2020	1	Rolo	21:26:00
16/01/2020	Manutenção Preventiva		
17/01/2020			
18/01/2020	1	Tampa	20:14:00
19/01/2020	1	Tampa Bipartida	17:01:00
	1	Porca	
20/01/2020	1	Rolo	19:32:00
21/01/2020	1	Rolo	16:33:00
22/01/2020	1	Rolo	17:32:00
23/01/2020	1	Bipartido	14:14:00
24/01/2020	1	Haste	19:23:00
	1	Rolo	
25/01/2020	1	Rolo	11:54:00
26/01/2020	1	Rolo	22:26:00
27/01/2020	1	Polia	14:43:00
28/01/2020	1	Eixo	16:31:00
29/01/2020	1	Eixo	17:50:00
30/01/2020	1	Rolo	20:56:00
31/01/2020	1	Haste	17:38:00
Total	35		509:16:00

Fonte: Autores

## 4 RESULTADOS

Após a coleta de todos os dados que serão necessários e o entendimento das formulas a trabalhar, foi obtido os cálculos apresentados nos tópicos seguintes.

### 4.1 DADOS COLETADOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

#### Paradas Não Programadas:

Parada inesperada = 21,58 h

Manutenção corretiva = 3,17 h

Total = 24,75 h



### Paradas Programadas:

Manutenção preventiva	=	48,00 h
Troca de turno	=	38,67 h
Almoço	=	87,00 h
Troca de óleo	=	4,50 h
Preparação da máquina	=	56,73 h
Total	=	234,90 h

### Tempo total mensal:

Tempo total mensal = 744h (1 mês.: 31 dias)

### Tempo de Carga (TC):

Tempo de Carga (TC) = Tempo total mensal – Paradas Programadas

Tempo de Carga (TC) = 744 – 234,9

Tempo de Carga (TC) = 509,1 h

\*Observação: Não foi possível realizar o cálculo da manutenção corretiva pois não houve subsídios como prevê-la.

### Tempo Real Disponível (TRD):

Tempo Real Disponível (TRD) = TC – Paradas não programadas

Tempo Real Disponível (TRD) = 509,1 – 24,75

Tempo Real Disponível (TRD) = 484,35 h

### Peças por hora:

Peças/h = Total de peças / Tempo planejado de produção

Peças/h = 42 / 509,01

Peças/h = 0,0825h

### Peças:

Peças Totais = 42

Peças retrabalhadas = 5

Peças refugadas = 2

Peças ok = 35



Quantidade de peças esperadas em 1 mês	=	45
Peças consideradas ruins	=	7

#### 4.2 CÁLCULO DE DISPONIBILIDADE

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{TRD}{TC} \times 100$$

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{484,35}{509,1} \times 100 = 95,14\%$$

#### 4.3 CÁLCULO DE PERFORMANCE

No cálculo de performance utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Performance (\%)} = \frac{QTD \text{ peças boas} + QTD \text{ peças ruins}}{QTD \text{ peças esperadas}} \times 100$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{35 + 7}{45} \times 100 = 93,33\%$$

No item 3.3 descreveu-se que a performance poderia ser calculada também ao se utilizar a equação 11. como se observa a seguir:

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas}}{((\text{Tempo Standard} \left(\frac{\text{pçs}}{\text{hr}}\right) \times \text{Tempo Real Disponível (h)})} \times 100$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{42}{((0,0825 \times 484,35))} \times 100 = 105,11\%$$

O resultado do cálculo da Performance ao se utilizar a equação 11, gerou um resultado acima de 100%. Apesar de matematicamente o cálculo estar correto, se percebeu que o resultado encontrado não era compatível uma vez que este gerou uma performance maior do que se o torno funcionasse sistematicamente sem interrupção e sem quebra ainda assim, o cálculo teórico forneceu um valor superior àquele o qual poderia fornecer. Assim se chegou a um resultado impossível por conta do baixo valor de Tempo Standard (pçs/hr) como citado no início da metodologia. Portanto foi viável e correto utilizar a equação especificada como a ideal como descrito no item 3.3.



### 4.4 CÁLCULO DE QUALIDADE

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Peças Produzidas} - \text{Peças Refugadas} - \text{Peças Retrabalhadas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100$$

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{42 - 2 - 5}{42} \times 100 = 83,33\%$$

### 4.5 CÁLCULO DO OEE

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

$$\text{OEE} = 95,14\% \times 93,33\% \times 83,33\%$$

$$\text{OEE} = 73,99\%$$

Portanto, o OEE calculado não foi bom o suficiente, o OEE ideal seria de 85%, sendo parcialmente em:

Disponibilidade acima ou igual à 90%.

Desempenho (Performance) no mínimo 95%.

Qualidade no mínimo 99%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação dos elementos do Indicador de Eficácia Global (OEE) foi necessária uma busca bibliográfica para um bom entendimento sobre o indicador. Feito isto, houve a coleta de dados juntos aos funcionários da indústria metalúrgica e logo implementação no torno CNC em uso. Assim, ao término foi possível realizar, a avaliação de todos os elementos para chegar no resultado final da análise de desempenho do Torno CNC.

Por meio do OEE conclui-se que o desempenho atual do Torno CNC escolhido não correspondeu ao desempenho satisfatório esperado em dois, dos três quesitos de cálculo de OEE, sendo, em partes:

Disponibilidade em 95,14%, superior ao ideal acima de 90%.

Desempenho (performance) em 93,33%, inferior ao ideal de no mínimo 95%.

Qualidade em 83,33%, inferior ao ideal de no mínimo 99%.

Após a análise dos cálculos efetuados, sendo comparado aos resultados esperados, pode-se observar que dois, dos três quesitos calculados para se



chegar no resultado final do OEE, se encontram inferior aos resultados que são considerados ideais. Conseqüentemente o cálculo do OEE se mostra inferior a porcentagem de 85% esperada, pois atingiu apenas 73,99%.

Na avaliação dos resultados obtidos, nota-se que o índice de disponibilidade se encontra superior ao ideal, mostrando-se que o plano de manutenção para o tempo de funcionamento do equipamento se encontra adequado, sem necessidade de futuras mudanças. O índice de desempenho da máquina se depara um pouco inferior à porcentagem mínima ideal, portanto, pequenos ajustes no plano de manutenção do equipamento poderia ser o suficiente para conseguir um aproveitamento melhor da máquina. A qualidade se torna o maior problema pois ficou bem abaixo do que se era esperado, por conta que são produzidas poucas peças mensalmente nesse equipamento, visto que são peças de longa duração de trabalho, onde peças já existentes são modificadas para o trabalho necessário, assim, não são feitas do zero, o que impactaria em uma grande mudança no plano de manutenção e utilização do equipamento para a melhora da qualidade da produção. Com o ajuste desses itens citados, o OEE seria capaz de alcançar um resultado satisfatório.

### REFERÊNCIAS

AUGUSTO, Alexandre. **Utilização da eficiência global do equipamento com objetivo de melhorar a gestão de manutenção de uma empresa do setor logístico e seu desempenho.** UFJF; Juiz de Fora – MG, 2017.

DESIOMBRA, Juliano. **Implantação da ferramenta OEE (Eficiência Global do Equipamento) na linha de pintura em uma indústria metalúrgica.** Ponta Grossa – PR, 2014.

INAMASSU, Alice. **Plano de manutenção para o laboratório de usinagem.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná; Ponta Grossa – PR, 2017.

ORNELLAS, Pedro. **Implantação da ferramenta de medição de eficiência global dos equipamentos (OEE) em uma indústria de produtos cirúrgicos.** Juiz de Fora - MG, 2017.

PAULISTA, Paulo *et al.* **Aplicação da metodologia TPM/OEE em processo de estampagem:** um estudo de caso para melhoria da eficiência em uma



prensa mecânica. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37. Joinville - SC, 2017.

RAMOS, Beatriz *et al.* Uso do indicador de eficácia global de equipamentos como ferramenta para melhoria contínua: estudo de caso aplicado à produção farmacêutica. **Revista Sistemas & Gestão - Universidade Federal Fluminense**, 2016 Disponível em: [revistasg.uff.br/sg/article/view/788/409](http://revistasg.uff.br/sg/article/view/788/409). Acesso em: 14 set. 2020.

SANTOS, Ana *et al.* **Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos (OEE) na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura – um estudo de caso.** *In*: ENEGEP. Foz do Iguaçu – PR, 2007.

SENAI. **Aula 02 -Torno mecânico.** 2014.  
<https://pt.slideshare.net/EltonRicardo/aula-02-torno-mecanico>. Acesso em: 15 set. 2020.

TUTORIAL para cálculo do OEE. 2021. Disponível em:  
[www.oeec.com.br/ferramenta/tutorial-para-calculo-do-oeec/](http://www.oeec.com.br/ferramenta/tutorial-para-calculo-do-oeec/). Acesso em: 15 set. 2020.

VARELA, Max. **Aplicação de manutenção preventiva em torno mecânico.** Lages – SC: UNIFACVEST, 2019.





**VEÍCULO TIPO BAJA SAE PARA COMPETIÇÕES: DIMENSIONAMENTO DA  
MOTORIZAÇÃO E TRANSMISSÃO**

**VEHICLE TYPE BAJA SAE FOR COMPETITIONS: SIZING OF ENGINE AND  
TRANSMISSION**

**Bruno Henrique Nunes Barbosa<sup>1</sup>  
Fernando Ferreira Figueirôa<sup>2</sup>  
Fernando da Silva Santos<sup>3</sup>  
Guilherme Lemos Martins<sup>4</sup>  
Thiago da Silva Pereira<sup>5</sup>**

**RESUMO**

O projeto baja se empenha na construção de um veículo regulamentado pelos alunos, para competições dentro da modalidade de engenharia. Sendo um projeto já conhecido e conceituado, trata-se de um trabalho de iniciação científica realizado no Centro Universitário de Barra Mansa - UBM, com o intuito de entrar nas competições enfatizando um projeto completamente original, buscando formas de melhorar os sistemas veiculares dentro dos conceitos corretos e regulamentos formados pela SAE. O projeto também busca a integração e iniciação dos alunos dentro do mundo automobilístico, que movimenta grande parte da indústria e que gera paixão para o ser humano, sendo uma das áreas de maior interesse atualmente. Os alunos aprendem de forma prática a gestão e construção de um projeto automobilístico, gerando uma experiência primária que fará diferença quando o acadêmico se tornar um profissional. Ele será composto por uma equipe de alunos, de no mínimo 12 (doze) membros dentro dos cursos de engenharia da instituição, de forma multidisciplinar gerando a experiência de uma corporação complexa e de multiárea. Uma interação que elevará os conhecimentos dos alunos, e promoverá a interação dos mesmos. Durante o processo de fabricação do veículo, os alunos terão uma aprendizagem de técnicas geralmente aprendidas na área técnica e de forma prática que não fazem parte da metodologia de ensino da engenharia, mas muito acrescenta ao profissional em si.

**Palavras-chave:** Engenharia. Multidisciplinar. SAE. Baja. Automobilístico.

<sup>1</sup>Bruno Henrique Nunes Barbosa – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM),

<sup>2</sup> Fernando Ferreira Figueirôa – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. fernandoff@gmail.com

<sup>3</sup> Fernando da Silva Santos – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. Fernando.santos@ubm.br

<sup>4</sup> Fernando da Silva Santos – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. Fernando.santos@ubm.br

<sup>5</sup> Thiago da Silva Pereira – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. pereirat090@gmail.com



### ABSTRACT

The baja project strives to build a vehicle regulated by the students, for competitions within the engineering modality. As a well-known and highly regarded project, this is a scientific initiation work carried out at the University Center of Barra Mansa - UBM, in order to enter competitions emphasizing a completely original project, seeking ways to improve vehicle systems within the concepts rules and regulations formed by SAE. The project also seeks the integration and initiation of students into the automotive world, which moves a large part of the industry and generates passion for human beings, being one of the areas of greatest interest today. Students learn in a practical way the management and construction of an automobile project, generating a primary experience that will make a difference when the academic becomes a professional. It will be composed of a team of students, of at least 12 (twelve) members within the institution's engineering courses, in a multidisciplinary way, generating the experience of a complex and multi-area corporation. An interaction that will elevate students' knowledge and promote their interaction. During the vehicle manufacturing process, students will learn techniques generally learned in the technical area and in a practical way that are not part of the engineering teaching methodology, but add a lot to the professional itself.

**Keywords:** Engineering. Multidisciplinary. SAE. Low. Automotive.

### 1 INTRODUÇÃO

O Projeto Baja SAE é um dos projetos mais bem-sucedidos e que promove algumas das melhores experiências estudantis, criado na Universidade da Carolina do Sul, Estados Unidos, sob a direção do Dr. John F. Stevens, teve sua primeira competição em 1976, veio para o Brasil em 1991, tendo a primeira competição pela SAE – Brasil em 1995.

A região Sul Fluminense, onde fica localizado o UBM, é um importante polo industrial do país, onde ficam localizadas importantes montadoras automobilísticas, e se faz necessários profissionais bem qualificados dentro da área, e o projeto baja é uma iniciativa para que os alunos de engenharia tenham seu primeiro contato dentro dessa modalidade, o que gera maior interesse e qualificação para se tornar um profissional adequado para a região.

#### 1.1 OBJETIVOS

##### 1.1.1 Objetivo Geral

- Dar continuidade do Projeto Baja UBM.



### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Manutenção da equipe;
- Finalização do projeto e desenhos técnicos;
- Iniciar a construção física do veículo;
- Participar de competições;
- Concluir o projeto teórico;
- Concluir o desenvolvimento conceitual do veículo;
- Tornar o projeto competitivo e atraente ao mercado;
- Desenvolver sistemas melhores que satisfaçam as funções com menor esforço e maior confiabilidade;
- Desenvolver pista de testes em local adequado;
- Concluir a construção do veículo;
- Testar os veículos em todas as condições necessárias;
- Levar a equipe a competições.

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

O projeto oferece a chance aos alunos colocarem em prática os conhecimentos teóricos aprendidos em sala de aula de forma dinâmica, incrementando sua preparação para o mercado de trabalho. O aluno se envolve com um caso real de desenvolvimento de projeto, desde sua concepção, projeto detalhado e construção.

Os alunos aprendem técnicas práticas de modelagem e confecção mecânica, fundamentais a um engenheiro. Aprendem a lidar com o trabalho de equipe, prazos, orçamento limitado e a lidar com imprevistos, o que oferece uma aprendizagem realista.

O projeto oferece experiências em que o aluno desenvolve características de liderança, iniciativa, proatividade, experiências a nível profissional, o aluno tende a ver a engenharia de forma mais prática, gerando uma visão melhor da profissão.

Além de valorização do aluno, o projeto agrega valor tecnológico a instituição, fornecendo mais opções para a formação do aluno, como um direcionamento a uma especialidade.

O projeto também torna a instituição mais atrativa à indústria, pois forma



profissionais mais preparados, o que pode gerar maior incentivo.

Para a sociedade, a engenharia é essencial, e os alunos mais bem qualificados com melhores formações tendem a despontar e liderar a melhoria tecnológica, seja ela regional ou global.

### **2 VEÍCULO TIPO BAJA SAE PARA COMPETIÇÕES: DIMENSIONAMENTO DA MOTORIZAÇÃO E TRANSMISSÃO**

Os alunos trabalharão no método de comparação com outros trabalhos utilizando-se da linha de raciocínio indutiva. Utilizando de recursos modernos para desenvolver melhorias adequadas aos processos envolvidos de forma que os tornem melhores. Nesta nova etapa será priorizada a capacitação de recursos e a construção do protótipo.

De forma prática o projeto será dividido em 8 etapas:

- Finalização do projeto conceitual e executivo do veículo.
- Capacitação de recursos.
- Construção da gaiola do protótipo.
- Adaptação das suspensões e sistemas de direção.
- Adaptação do Powertrain.
- Comissionamento do projeto.
- Testes e adaptações.
- Inovações para melhoria de desempenho.

Os alunos serão divididos entre funções específicas, de acordo com as necessidades básicas do projeto, sendo dividido por um grupo maior para execução efetiva, e dois grupos menores, para administração e marketing, a fim de melhor organização dentre todos os setores necessários para o desenvolvimento e implantação do projeto.

A fase final será dada pela entrada da equipe em competições, iniciando na mesma fase a continuidade do projeto.

Conforme as orientações e normas passadas no Regulamento Administrativo e Técnico Baja Brasil (SAE BRASIL) (Figura 1). O projeto baja deverá conter os seguintes requisitos mínimos para se enquadrar as exigências do órgão regulamentador:



a) A Configuração do veículo para que ele esteja dentro das regras da competição, é indispensável que ele tenha quatro rodas ou mais, não dispostas em linha reta. Contendo apenas um motor do modelo Briggs e Stratton.

b) As dimensões máximas do veículo a sua estrutura deverão conter 1,62 m de largura, com as rodas alinhadas para frente acompanhando a altura estica de rodagem. Agora o comprimento não há nenhuma limitação, a não ser que prova seja em regiões montanhosas onde as limitações são outras: largura máxima 1,62 m e comprimento máximo 2,74 m.

c) A capacidade ergonômica do projeto do veículo deverá acomodar ergonomicamente todos os tipos de portes desde o percentil masculino 99% ao percentil feminino 1%, baseado a norma ABNT NBR 6068. Com capacidade de suportar um condutor de até 1,90 m de altura com um peso de até 109 kg ou um condutor de 1,45 m de altura pesando 42 kg.

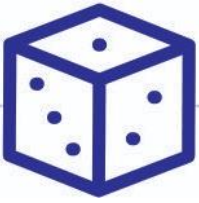
d) Deve-se salientar que condutores deverão se acomodarem de modo confortável e seguro no interior do veículo. Igualmente é relevante ressaltar que o não cumprimento dessa norma, o projeto estará fora do regulamento.

e) O veículo elaborado deverá ser capaz de superar os obstáculos, isto é, deverá ter capacidade de transposição dos obstáculos que poderão vir aparecer nas pistas de competições, como rochas, bancos de areia, troncos, aclives, lama, travessias rasas de água e suas combinações, em qualquer condição climática.

Uma observação muito importante e que o baja sempre deverá concluir as provas de forma segura, caso ao contrário ele não se enquadra no regulamento.

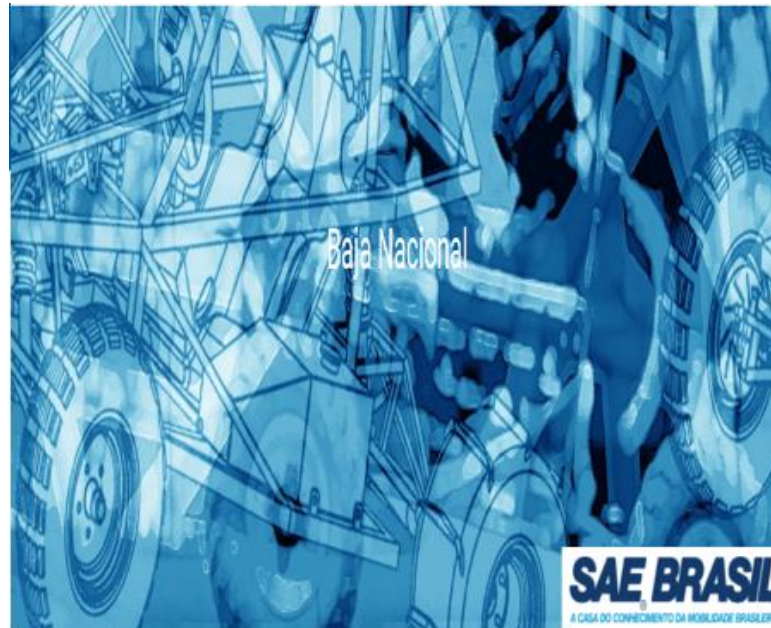
De acordo com os obstáculos citados acima, o veículo terá que cumprir algumas referências mínimas no momento da elaboração do projeto:

- Aclives com 100% de inclinação ( $45^\circ$ ) e 5 metros de comprimento.
- Travessias rasas de água e lama de 0,3 m de profundidade.
- Troncos com 0,4 m de diâmetro.
- Curvas com o raio mínimo de 3,5 m (medido a partir do centro do veículo).
- Extra: os organizadores da competição poderão utilizar obstáculos maiores com o intuito de testar os limites reais do projeto.



Observação: se o carro não apresentar condições seguras, e capacidade de superar esses obstáculos mínimos, o candidato será considerado inapto a participar de todas as provas dinâmicas.

**Figura 1: Fonte dos Conhecimentos Técnicos Contidos no projeto, “Regulamento Administrativo e Técnico Baja Brasil (SAE BRASIL)”**



Fonte: SAE BRASIL (2021)

### 2.1 NÍVEL EQUIVALENTE DE SEGURANÇA (ELOS)

Para que o projeto tenha um nível de segurança certificado pelo ELOS (Nível Equivalente de Segurança, “abreviação do inglês”). É necessário que o projeto tenha um nível de segurança igual ou superior da regulamentação.

O procedimento para determinação da certificação ELOS, é feita apenas base em documentação técnica como análises, teste, evidências teóricas ou outras ferramentas da engenharia. Após todo o projeto ser analisado e um relatório apresentando os dados e argumentação que comprovem o nível de segurança ser produzido, se enviará estes arquivos diretamente para o Comitê Baja Brasil.

Lembrando que esses relatórios emitidos deverão cumprir padrões rígidos que estão disponíveis no fórum “Baja SAE BRASIL”. As equipes responsáveis pelo projeto terão cerca de 30 dias antes da primeira competição a qual pretende participar, para estarem regularizando sua documentação.



Assim que o Comitê Baja SAE BRASIL, terminar de julgar o seu pedido da certificação ele entrará em contato com a equipe solicitante para informar sua decisão. Com a certificação ELOS, aprovada pelo Comitê. O documento deverá estar sempre presente com a equipe de inspeção de conformidade técnica e segurança durante as competições para que alternativa seja aceita.

## 2.2 MOTORIZAÇÃO

### 2.2.1 Motor

Segundo as normas técnicas estabelecidas pela SAE Brasil para o campeonato de BAJA do ano de 2018, os modelos utilizáveis de motores são limitados a dois modelos padronizados, estes são os modelos Briggs & Stratton OHV Intek Model 20 (série 20) ou Briggs & Stratton OHV Vanguard Model 19 (série 19). Sendo estes restritos a alguns números de modelos aceitáveis, estes são 205432, 205437, 205332 e 20S232, 19L232-0054-G1.

Desta forma após a análise das fichas técnicas dos motores estipulados pelo regulamento da SAE, foi definida a utilização do modelo Briggs & Stratton OHV Intek Model 20 (série 20) com número de modelo 19L232-0054-G1.

Segundo o catálogo de produtos da Briggs & Stratton o modelo em questão (Figura 2) pesa 26,4 kg, com dimensões de 327mm x 309mm x 442mm.

**Figura 2: Motor Model 20 da *Briggs & Stratton***



Fonte: BRIGGSANDSTRATTON (2021)



### 2.2.2 Escapamento

A SAE indica somente que obrigatoriamente a tubulação de escape deve passar por um abafador original da Briggs & Stratton, que a tubulação de escape não fique direcionada para o motorista, e que o tubo a se utilizar seja de 31,75mm (1,25 in). O suporte de fixação do escapamento deve ser fixado somente no motor.

No ato da montagem visualizar empiricamente a necessidade do projeto quanto a curvas e direcionamento da tubulação de escape.

## 2.3 TRANSMISSÃO

### 2.3.1 Sistema comum de marchas

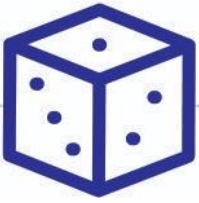
Nós usamos marchas porque a variação da rotação do motor, unicamente, não é suficiente para proporcionar uma condução agradável. Para tal seria necessário um motor forte o suficiente para colocar um carro em movimento e potente o suficiente para atingir velocidades altas apenas pela sua variação de rotação. O sistema de marchas então, faz um melhor aproveitamento da rotação, força e potência do motor.

Primeiramente (ou na 1a marcha), o sistema de marchas faz com que a taxa de rotação (ou velocidade angular) do eixo de saída – que será ligado às rodas – seja (muito) menor do que a do eixo de entrada – que vem do motor. Dessa forma, reduzindo a velocidade rotacional de um eixo para o outro, aumenta-se o torque (em outras palavras, a força). Essa construção é útil para colocar o carro em movimento.

Em uma marcha mais elevada (a 5a, por exemplo) a relação diminui e, apesar de reduzir a força disponível para o veículo se locomover, aumenta-se a velocidade rotacional das rodas. Isso é possível porque o carro não precisa mais de tanta força para manter uma velocidade elevada. O motor pode então ser mantido em uma rotação relativamente baixa mesmo com o carro em velocidade mais alta.

Dessa forma, o motor pode atuar em um faixa de rotações mais estreita e precisa ser menos potente para realizar a mesma tarefa que um veículo sem marchas. As marchas entre a primeira e a quinta criam estágios graduais em que a relação varia mais suavemente (imagine, em contrapartida, ter apenas a 1a e 5a marchas para conduzir o seu carro).





### 2.3.2 CVT - *Continuously Variable Transmission*

Primeiramente, CVT significa *Continuously Variable Transmission*, ou Transmissão de Variação Contínua. “Contínua” aqui faz contraposição à variação discreta de um câmbio comum, onde temos estágios (marchas) bem definidos: 1a, 2a, 3a... Antes, porém, de começar a descrever a CVT, comecemos com um câmbio comum.

Com um sistema de CVT esses estágios somem e a variação é, como diz o nome, contínua. Grosso modo, é como se fosse construído um sistema que tivesse tantas marchas que a diferença entre elas fosse imperceptível. Mas e como funciona esse sistema?

Existem diferentes tipos de CVT. Toroidal, por polias, hidrostática. O conceito é bastante parecido, sendo adaptado para cada realidade. A **CVT toroidal**, por exemplo tem um princípio bem interessante. Este tipo de CVT é constituído de 2 “discos” e 2 “rolos” de transmissão de potência como no vídeo abaixo:

Perceba que o disco vermelho mantém uma rotação constante durante todo o vídeo. O disco azul, por conta do movimento dos rolos (em cor verde), gira mais rápido ou mais devagar. Se acoplássemos um motor ao disco vermelho e as rodas de um veículo ao disco azul, poderíamos manter o motor em rotação virtualmente constante durante todo um trajeto (mesmo incluindo curvas, subidas, descidas, reduções e aumentos de velocidade). Mas e como é que o movimento dos rolos muda a velocidade angular do disco azul?

Consideremos os seguintes parâmetros, como indicados na Figura 3 abaixo:

$\omega_e$  = velocidade rotacional do disco de entrada;

$\omega_s$  = velocidade rotacional do disco de saída;

$r_e$  = raio do disco de entrada no ponto de contato com o rolo;

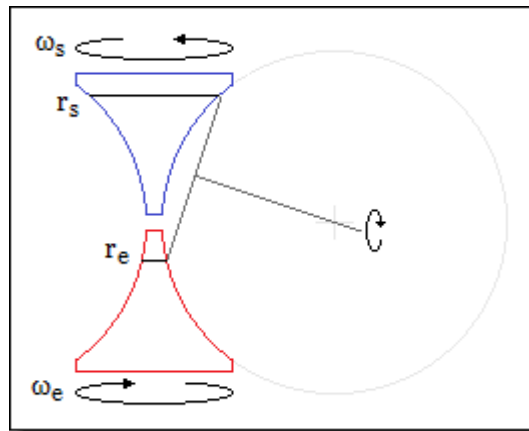
$r_s$  = raio do disco de saída no ponto de contato com o rolo;

$v_e$  = velocidade linear do disco de entrada no ponto de contato com o rolo;

$v_s$  = velocidade linear do disco de saída no ponto de contato com o rolo.



Figura 3 - CVT Toroidal



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Primeiramente é importante notar que a velocidade linear do rolo nos pontos de contato com os discos é a mesma.

Logo,  $v_e = v_s = v$ .

Se  $v = \omega r$ , então  $\omega_e r_e = \omega_s r_s$ .

Logo,  $\omega_s = \omega_e r_e / r_s$ .

Isto é, a relação entre as velocidades angulares dos discos de entrada e de saída depende apenas da relação entre os raios dos mesmos nos pontos de contato com os rolos. Logo, variando-se a posição dos rolos pode-se escolher a relação entre os raios nos pontos de contato e, finalmente, a relação de transmissão.

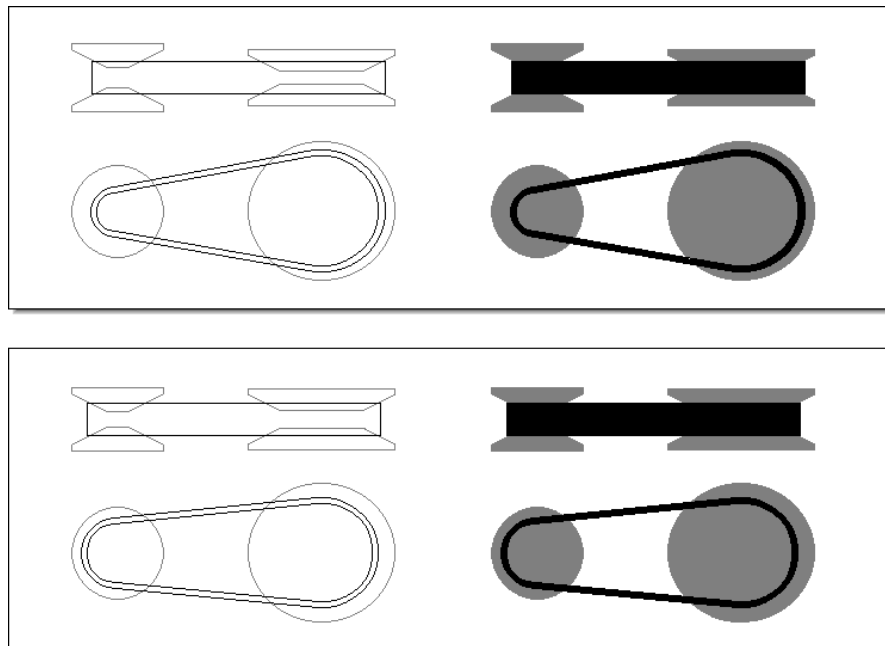
Este é o mesmo princípio utilizado nas CVT's que utilizam uma correia, como é o caso da **CVT por polias**. Nesta configuração a correia substitui os rolos como elemento de transmissão. As polias substituem os discos e são acopladas aos eixos de entrada e de saída.

O que estas polias têm de especial é que elas têm um raio variável. Como é possível?

É simples: as polias têm um perfil cônico e a abertura/fechamento das mesmas faz com que a correia se aproxime/afaste do centro da polia, aumento o raio efetivo da polia (ou o raio da circunferência que a correia descreve ao redor da mesma. Veja a Figura 4 a seguir:



Figura 4- Esquemático de polias e correias de uma CVT



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Perceba, na segunda figura, que a polia menor (ou condutora) está mais fechada do que na primeira e que a polia maior (ou conduzida) está mais aberta. Dessa forma, o raio efetivo da polia condutora aumentou enquanto o da polia conduzida diminuiu. Podemos fazer a mesma relação que fizemos antes para compreender a variação na relação de transmissão: se considerarmos que a correia tem a mesma velocidade linear em qualquer ponto da sua extensão, podemos usar a mesma fórmula citada anteriormente:  $\omega_s = \omega_e r_e / r_s$ .

Isto é, a velocidade angular do eixo de saída será igual à velocidade angular do eixo de entrada multiplicado pela relação entre o raio efetivo da polia condutora e o raio efetivo da polia conduzida, Figuras 5 e 6.

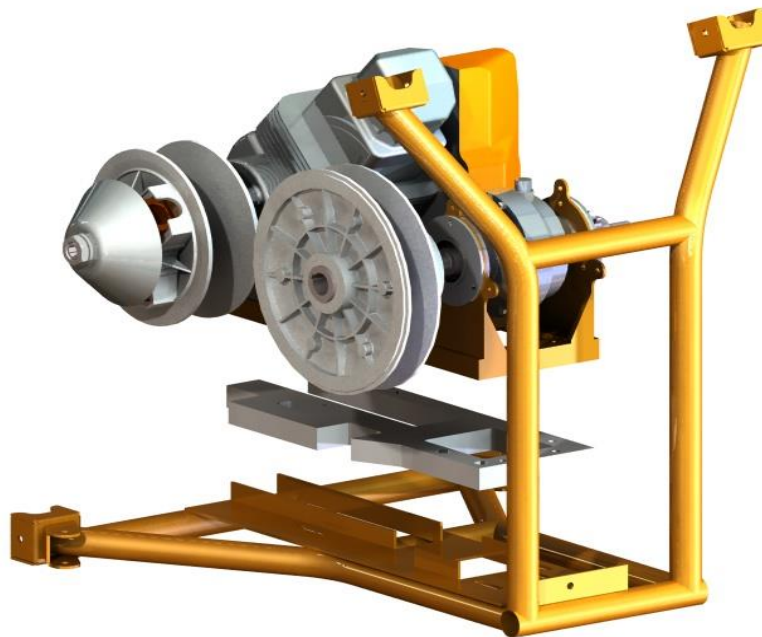


Figura 5 - Vista 3D das peças de uma CVT



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Figura 06 - Montagem do sistema CVT no chassi



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Para a escolha do tipo de transmissão e para os cálculos, também é levado em consideração o rendimento de cada modelo, que é apresentado na Figura 7 abaixo:



Figura 07 - Tabela de rendimentos de transmissões

Tipos de Transmissão	Rendimento
<b>Transmissão por Correias</b>	
Correias Planas	0,96< $\eta_c$ <0,97
Correias em V	0,97< $\eta_c$ <0,98
<b>Transmissão por Correntes</b>	
Correntes Silenciosas	0,97< $\eta_c$ <0,99
Correntes Renold	0,95< $\eta_c$ <0,97
<b>Transmissão por Rodas</b>	
de atrito	0,95< $\eta_c$ <0,98
<b>Transmissão por Engrenagens</b>	
Fundidas	0,92< $\eta_c$ <0,93
Usinadas	0,96< $\eta_c$ <0,98

Fonte: PROTEC – PROJETISTA (1997)

Coeficiente de rendimento utilizado para correias em “V” é de 0,97 e para as correntes da transmissão final é de 0,95, consideramos os piores rendimentos para poder avaliar a viabilidade de utilização dos componentes, pois com essa adequação tudo que for considerado como perda calculada e não realizada será agregado ao funcionamento final do conjunto de forma vantajosa. Uma forma de considerar as perdas é através do conceito de rendimento de transmissão de força. Aplicando este conceito desde o motor até o eixo das rodas motrizes do veículo, se obtém a seguinte equação:

$$P_c = P_e \cdot \eta_m \quad , \text{ onde:}$$

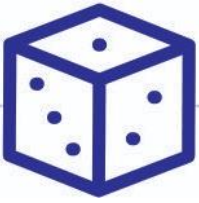
$P_c$  = potência no cubo das rodas motrizes

$P_e$  = potência efetiva/nominal do motor

$\eta_m$  = rendimento da transmissão

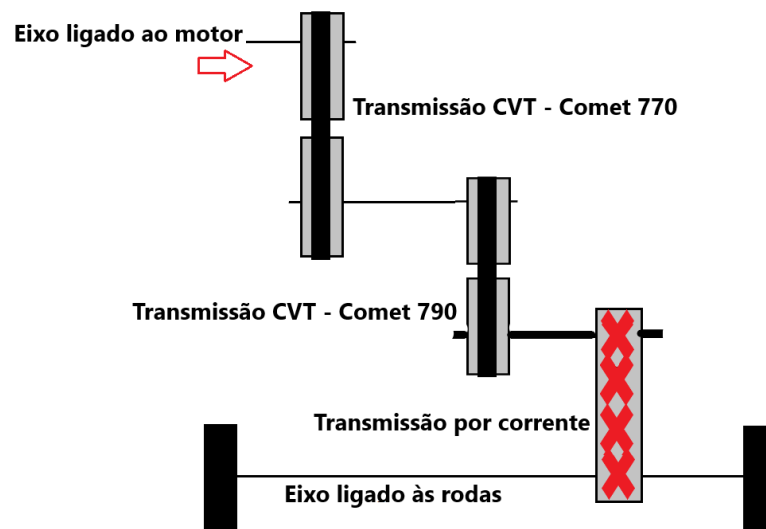
Com isso temos uma potência no cubo das rodas motrizes com valor referencial calculado em 9,88 hp, consideraremos 10 hp para fins de cálculos.

Para nosso modelo, condicionamos duas transmissões CVT e uma transmissão final ao eixo das rodas por corrente, com dimensões e aplicabilidades conhecidas: COMET 770 e COMET 790, pois apresentaram melhor performance quando são



utilizadas e conjunto. Porém os cálculos foram realizados para modo de real comparação entre as transmissões, Figura 8.

Figura 8: Esquema de montagem da transmissão



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Nessa situação colocamos uma condição máxima de trabalho, que seria a velocidade máxima que o veículo pode atingir em um ambiente plano, através do uso da relação mínima da transmissão juntamente com o torque na rotação máxima do motor.

Para colocarmos uma transmissão em qualquer tipo de veículo definimos 3 passos que podem ser seguidos para a definição do sistema de transmissão são eles:

- Determinação do fluxo de força do veículo;
- Escolha da transmissão e motor;
- Adaptação do conjunto powertrain e realização de testes, podendo realizar a troca dos componentes na fase anterior caso o objetivo não tenha sido atingido.

Através deste podemos definir o melhor conjunto para qualquer veículo.

#### 2.3.2.1 Determinando o fluxo de força

O fluxo de força se dá entre a relação entre a força trativa do automóvel, e as forças de resistência que tendem a impedir o movimento. As forças resistivas sempre seguem em igualdade às forças trativas. E no momento que a tração dos motores



supera as forças de resistência, e se gera aceleração, a equação da força resultante se dá por:

$$F_R = F_{trat} - F_{res}$$

### 2.3.2.2 Força trativa

A força trativa de um veículo é determinada através dos componentes do conjunto powertrain. E é dada pela fórmula:

$$F_{trat} = \eta \cdot \frac{T_m \cdot i_{dif} \cdot i_m}{R_{din}}$$

### 2.3.2.3 Forças resistivas

Para que algum objeto consiga se mover, ele precisa superar as forças que tendem contra o seu movimento, desta forma a força excedente pode ser usada para realizar uma aceleração. Neste caso, precisamos verificar as condições que se opõem ao tracionamento do veículo. No caso de carros, existem 4 que são avaliadas, são elas:

- Resistência ao rolamento;
- Resistência aerodinâmica;
- Resistência ao gradiente;
- Resistência à aceleração.

Como consequência o veículo deve superar todas estas resistências para conseguir se movimentar adequadamente. Matematicamente demonstrando.

$$F_{res} = F_{rol} + F_{aer} + F_{grad} + F_{acel}$$

### 2.3.2.4 Resistência ao rolamento

A resistência ao rolamento se refere às forças resistivas que ocorrem nos pneus. Isto ocorre devido à deformação que ocorre nos pneus e na superfície do piso no ponto de contato entre eles.

Esta força depende de variados fatores como: a superfície da estrada, resistência de escorregamento, carga no pneu, desenho da banda do pneu.



$$F_{rol} = f_{rol} \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta$$

A seguir apresentamos a tabela para correlacionar a indicação do valor do fator de rolamento de acordo com o piso do terreno, Figura 9.

Figura 9 - Coeficiente de resistência ao rolamento

Superfície da estrada	Coeficiente de resistência ao rolamento
Superfície da estrada firme	
Estrada de asfalto liso	0,01
Estrada de concreto liso	0,011
Superfície boa de concreto àspero	0,014
Pavimento bom de pedra	0,02
Superfície da estrada ruim e desgastada	0,035
Superfície da estrada não pavimentada	
Estrada de terra com boa qualidade	0,045
Estrada de terra com qualidade ruim	0,16
Areia solta	0,150-0,300

Fonte: BAJA SAE (2019)

### 2.3.2.5 Resistência aerodinâmica

A resistência aerodinâmica se dá através do fluxo de ar que ocorre em volta do veículo em movimento. Alguns fatores que o influenciam são a pressão de arrasto do ambiente, resistência da superfície e resistência interna (fluxo através do veículo).

A força de resistência aerodinâmica é indicada pela seguinte fórmula:

$$F_{aer} = \frac{1}{2} \cdot \rho_{ar} \cdot A \cdot C_w \cdot v^2$$

Este cálculo mostra uma equação quadrática, onde adotamos a velocidade como a velocidade do veículo. Apesar desta se referir a velocidade relativa entre o veículo e o ar que o entorna, pois, a ocorrência de vento no ambiente irá afetar uma mudança neste fator, ajudando-o no mesmo sentido e o prejudicando no contrário. Então adotamos um ambiente calmo.

A seguir estou demonstrando uma tabela que mostra alguns valores definidos de coeficiente aerodinâmico ( $C_w$ ) e área frontal ( $A$ ) de alguns veículos reais, Figura 10.



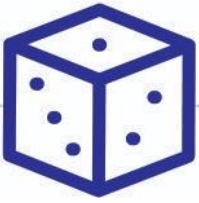


Figura 10 - Tabela de coeficiente aerodinâmico

Veículo	Cw	A(m <sup>2</sup> )
Motocicleta com motorista	0,5-0,7	0,7-0,9
BMW R100S	0,59	0,79
Convertível aberto	0,5-0,7	1,7-2,0
Veículo	0,22-0,4	1,7-2,3
VW Golf, Modelo 92	0,3	2
Carro compacto "2000"	0,22	2
Ônibus	0,4-0,8	6,0-10,0
Kassbohrer Setra S315HD	0,45	7,4
Caminhão	0,45-0,8	6,0-10,0
Caminhão com reboque	0,55-1,0	6,0-10,0
Veículo articulado	0,5-0,9	6,0-10,0

Fonte: AUTOGUIDE (2021)

#### 2.3.2.6 Resistência ao gradiente

A resistência ao gradiente se dá através da força necessária para superar um aclave ou declive. Varia de acordo com o peso no centro de gravidade do veículo e angulação do aclave.

$$F_{grad} = m \cdot g \cdot \text{sen}\theta$$

#### 2.3.2.7 Resistência à aceleração

A resistência à aceleração é um adicional aos fatores anteriores de movimentação estável (velocidade constante). Esta ocorre devido às forças inerciais que ocorrem durante a aceleração e frenagem. Fatores de influência são a massa total do veículo e a massa inercial das partes rotativas que foram utilizadas durante a aceleração e na frenagem. Porém para este, foram desconsiderados os momentos de inercia para a formulação, devido à simplificação do mesmo. Formando então a fórmula:

$$F_{acel} = m \cdot a$$

Para início, devemos definir uma situação extrema de operação do veículo para definirmos como uma mínima exigência. Partindo deste princípio, escolhemos a condição de subir um aclave de 60% de curvatura (aproximadamente 31° de inclinação). Com isso exigiria uma força muito grande por parte do sistema powertrain



para tracionar o veículo, mostrando que o veículo conseguiria sair nas competições e pelo menos andar na avaliação de tração.

### 2.3.2.8 Dados para Cálculos

1- Variáveis adotadas:

- Aceleração da gravidade =  $10,0 \text{ m/s}^2$
- Densidade do ar =  $1,2 \text{ kg/m}^3$
- Constante de resistência ao rolamento =  $0,16$
- Constante aerodinâmica =  $0,7$
- 2 - Potência máxima do Motor: 10 hp à 3600 rpm
- 3 - Torque: 18 N.m
- 4 - Torque máximo: 19 N.m
- 5 - Rotação máxima: 3800 rpm
- 6 - Taxa de compressão: 8:5:1
- 7 - Peso total: considerado piloto de 90 kg + veículo de peso aproximado

200 kg, temos um peso total de 290 kg.

- $F_{pt} = 290 \times 10 = 2900 \text{ N}$  (força peso total)
- 8 - Largura do veículo: 1,62 m
- 9 - Distância entre eixos: 1,62 m
- 10 - Diâmetro do pneu em polegadas: 21" = 533,4 mm
- 11 - Raio do pneu em polegadas: 10,5" = 266,7 mm
- 12 - Área frontal ( $\text{m}^2$ ) = 1,0
- 13 - Relação de transmissão "i" entre as polias do CVT Comet 770 = 3,95 (mín.) e 0,76 (máx.)
- 14 - Relação de transmissão "i" entre as polias do CVT Comet 790 = 3,38 (mín.) e 0,54 (máx.)
- Range, que faz referência a abrangência da transmissão é dado pela seguinte fórmula:

$$R = i_{\text{mín.}} / i_{\text{máx.}}$$

Onde para a Comet 770, o range é = 5,197368 e para a Comet 790, o range é = 6,259259.



Para determinar os cálculos finais de duas CVTs trabalhando em conjunto podemos utilizar a relação composta (CASILLAS A.L. -1961) regida pela equação:

$$D \times D1 \times N = d \times d1 \times n, \text{ de onde: } n/N = (D \times D1) / (d \times d1)$$

Os dados foram consolidados na Tabela 1, abaixo:

**Tabela 1- Dados para cálculos**

Dados:	Unidade	Valor (máx.)	Valor (mín.)	Valor (nominal)
Potência	hp	10,4	3	10
Rotação	rpm	3800	1800	3600
Torque	Nxm	19	17	18
Densidade do ar	kg/m <sup>3</sup>			1,2
Aceleração da gravidade	m/s <sup>2</sup>	10	9,6	10
Resistencia ao rolamento	adimensional	0,045	0,3	0,16
Constante aerodinâmica	adimensional	0,5	0,7	0,7
Taxa de compressão	adimensional			8; 5; 1
Massa total (veículo + piloto)	kg	309	242	290
Largura do veículo	m	1,62		1,62
Comprimento do veículo	m	2,74		2,74
Distância entre eixos	m			1,62
Diâmetro do Pneu	pol / mm			21" / 533,4
Raio do Pneu	pol / mm			10.5" / 266,7
Área Frontal	m <sup>2</sup>	0,7	0,9	0,9
Active de curvatura	%			60
Ângulo de inclinação	Radianos			0,5404195
Velocidade do veículo	m/s	19,72	0	19,72
Rendimento da transmissão	adimensional	0,95	0,97	0,95

**Fonte:** Dos autores (2021)

Resultados obtidos nos cálculos (Excel), na Tabela 2:



Tabela 2 - Resultados obtidos

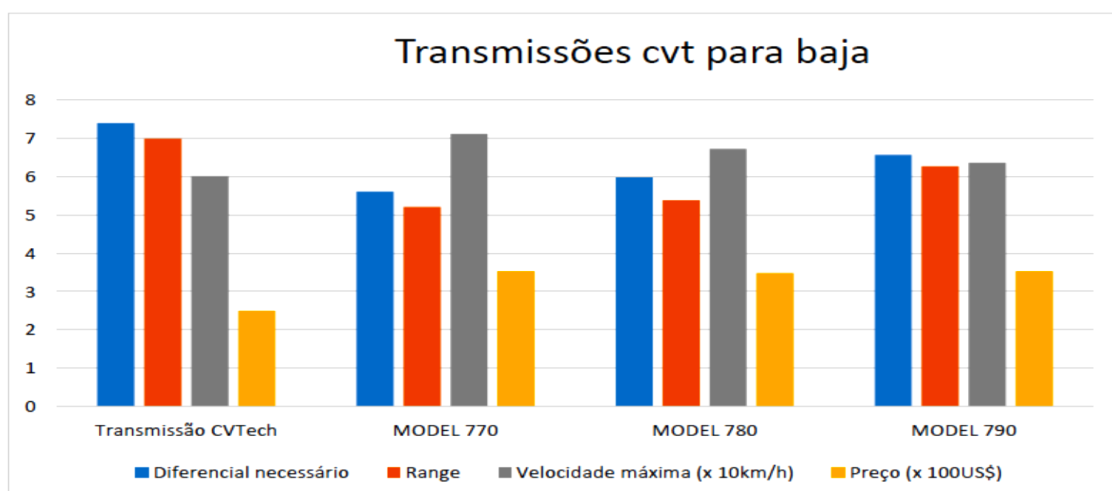
RESULTADOS	Unidade	Valor
F rol	N	463,935
F aer	N	146,996
F trat	N	7160,000
F res	N	5166,645
F grad	N	1655,713
<b>F R</b>	<b>N</b>	<b>1993,355</b>
F acel	N	2900,000

Fonte: Dos autores (2021)

Valor de “F R” em “verde claro” significa que o conjunto de transmissão estudado e adaptado ao veículo em questão, está de acordo e ainda fornecerá uma adicional de potência no modelo em estudo.

Realizado um levantamento gráfico para comparação entre as duas transmissões utilizadas com outras duas transmissões também já conhecidas na indústria automobilística, sendo elas a Comet 780 e a CVTech. Todas as transmissões utilizadas tanto para cálculos como para comparação, são comerciais e de fácil acesso e são do mesmo fabricante, Figura 11.

Figura 11 - Variáveis de algumas CVTs



Fonte: Dos autores (2021)



### **2.3.3 Transmissão Secundária**

#### **2.3.3.1 Pinhão, Corrente e Coroa**

O pinhão irá receber o torque da árvore secundária através do eixo engrenado que por sua vez irá transmitir o giro para a coroa através da corrente, conforme demonstra a Figura 12.

**Figura 12 - Conjunto pinhão, corrente e coroa**



**Fonte** Dos Autores (2021)

As catracas são rolamentos Figura 13, dentado ou liso, para acionar um dispositivo que torna possível o funcionamento de equipamentos rolantes (esteiras). A Catraca permite a conversão de um movimento linear em movimento rotativo. Equipamento que permite que um eixo gire em um único sentido previne a rotação inversa, quando o acionamento parar ou for desligado.

A catraca é muito utilizada nas indústrias de siderurgia, metalurgia, agroindústria, naval, têxtil, gráfica, alimentícia, plástica, medicina, cerâmica, mineração, pneumática, mecânica e automotiva.

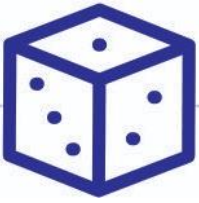


Figura 13 - Exemplos de catracas



Fonte: AUTOGUIDE (2021)

Para realização do dimensionamento, devemos considerar que várias seleções de correntes podem ser feitas para uma determinada aplicação. Considerações relativas à: expectativa de vida útil; limitações de espaço; velocidade; custos; dentre outras variáveis, são quesitos que direcionam a melhor seleção (IST, s.d.). Normalmente as correntes simples satisfazem a maioria das exigências e tem custo menor.

Ainda, devemos considerar sempre o uso do menor passo possível, que seja capaz de transmitir a potência e a carga na velocidade exigida pela aplicação. Correntes múltiplas de passo pequeno devem ser usadas para transmitir potências a altas velocidades ou quando se desejar um baixo nível de ruído desde que possam ser usadas rodas dentadas com grandes números de dentes.

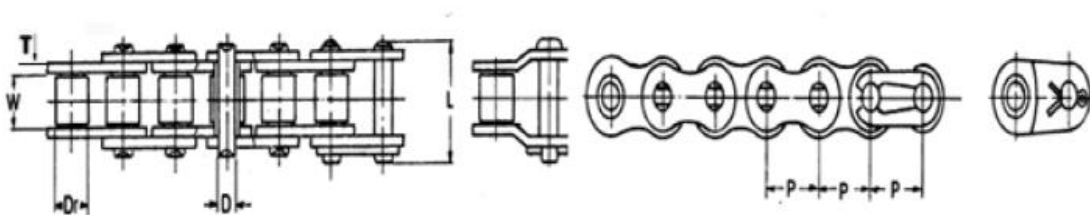
A relação de transmissão é determinada pelas velocidades das rodas motrizes e conduzida e como regra geral podem ser de 6:1 em casos normais e de 10:1 em casos extremos. Para obtenção do máximo de vida útil da corrente, recomenda-se que a distância entre centros, das rodas dentadas situe-se entre 30 e 50 passos, podendo variar de um fabricante a outro (IST, s.d.).

Segundo Niemann (2002), um ou vários eixos podem ser acionados por um eixo, no mesmo sentido de rotação ou em sentido contrário, e por uma corrente. No entanto, é necessário que todas as engrenagens de corrente estejam num plano e os eixos estejam paralelos entre si. Além disso, a disposição de todos os eixos deve de preferência ser horizontal, para a corrente não necessitar de guias laterais. A velocidade tangencial pode ser até maior que 20 m/s.



As correntes de rolos observada na Figura 14 são as mais empregadas para elementos de transmissão, elas se compõem de elementos internos e externos, onde as talas são permanentemente ligadas através de pinos e buchas; sobre as buchas são ainda colocados rolos (pedaços tubulares). Utilizam-se ainda correntes duplas e triplas de rolos para maiores potenciais (NIEMANN, 2002).

Figura 14 - Correntes de rolos simples



Fonte: Niemann (2002)

Usando a relação 6:1 nas engrenagens (coroa e pinhão) sendo que definimos o pinhão (motriz) com 16 dentes ( $Dp=32$  mm) e a coroa (movida) ficará com 96 dentes ( $Dp = 192$  mm). A corrente terá um passo de 4,25mm e será composta por “x” elos que serão definidos pela formulação abaixo:

$$x = \left[ \frac{2 * Dc}{2} \right] + \left[ \frac{Dp1 + Dp2}{2} \right] + \left\{ \left[ \frac{Dp2 - Dp1}{2} \right]^2 * \frac{P}{Dc} \right\}$$

$$\text{Onde: } Dc = \left[ \frac{Dp1 + Dp2}{2} \right]$$

Teremos:  $x \cong 407$  elos e um comprimento total de corrente em torno de 1,72 m.

### 2.3.4 Transmissão final – Eixo

Quanto a transmissão por corrente de rolos, segundo Sarkis Melconian (2004), as transmissões por correntes de rolos são utilizadas em locais em que transmissões por meio de engrenagens ou correias não sejam possíveis, quando houver necessidade de acionamento de vários eixos por um único eixo do motor ou quando a aplicação exigir relação de transmissão fixa.

A carga atuante no eixo-arvore e determinada por meio de:

$$F_{arv} = F_T + 2 K_o \times q \times C$$



em que:

Farv = carga atuante no eixo [N];

FT = carga tangencial [N];

K0 = fator de posição [adimensional], sendo:

K0 = 1 (posição vertical); K0 = 2 (a 45°); ou K0 = 1 (posição horizontal)

q = peso da corrente [n/m]

C = distância entre centros [m]

### **2.3.5 Benefícios da transmissão CVT**

- Exclusão do sistema de embreagem diminuindo o peso do projeto;
- Fácil adaptação e manutenção;
- Não a necessidade de experiência do piloto;
- Desempenho superior ao câmbio Manual pois tem melhor relação de transmissão e elimina o tempo gasto na troca de marcha de um câmbio manual.

### **2.3.6 Benefícios da transmissão secundária – Corrente**

- Maior simplicidade no projeto, construção e manutenção;
- Menor peso;
- Menor custo.

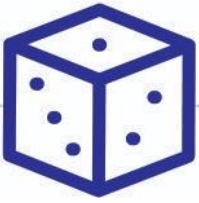
### **2.3.7 Benefícios da transmissão final – Eixo Traseiro**

- Eixo rígido;
- Melhor manutenção;
- Maior segurança;
- Fácil fabricação;
- Bom custo;
- Melhor robustez;
- Melhor eficiência.

## **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho nos proporcionou um melhor entendimento nas normas SAE Brasil, nos aspectos técnicos e administrativos.





Foi evidenciado que a segurança é o principal componente no desenvolvimento construtivo e dimensional do mini Baja SAE Brasil, se faz necessário o dimensionamento correto do motor e transmissão.

Trouxe um conhecimento técnico e aplicação prática no dimensionamento destes componentes, que são de suma importância na construção do mini Baja SAE Brasil.

#### 4 TRABALHOS FUTUROS

Para os trabalhos futuros sugerimos a melhoria no estudo dos componentes abordados nesse projeto, para melhorar o desempenho do veículo aqui projetado com o intuito de melhorar a performance da equipe nas competições BAJA SAE a modo de tornar o veículo do UBM competitivo com as grandes equipes nos níveis nacional e mundial.

#### REFERÊNCIAS

AUTOGUIDE. **Should you buy a car with a CVT transmission?** Disponível em: <https://www.autoguide.com/auto-news/2012/05/should-you-buy-a-car-with-a-cvt-transmission.html>. Acesso em: 17 mar. 2021.

MELCONIAN, S. **Elementos de máquinas**. 5. ed. Imperatriz: Ética, 2004.

MOTORES. Disponível em: [https://www.briggsandstratton.com/la/pt\\_br/products/engines.html](https://www.briggsandstratton.com/la/pt_br/products/engines.html). Acesso em: 17 mar.2021.

NIEMANN, G. **Elementos de máquinas**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002, v. 2.

PROENZA, Francisco. **Projetista de máquinas**: pro-tec. F. Proenza, 1997.

RATBSB. **Regulamento BAJA SAE**. 2021. Disponível em: [http://saebrasil.org.br/wp-content/uploads/2020/03/RATBSB\\_emenda\\_03.pdf](http://saebrasil.org.br/wp-content/uploads/2020/03/RATBSB_emenda_03.pdf). Acesso em: 17 mar. 2021.

RSBS. **Regulamento BAJA SAE**. 2019. Disponível em:<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil/regras>>. Acesso em: 17 mar. 2021.



## VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO EM PRÉDIOS DA COHAB

### FEASIBILITY OF INSTALLING A PHOTOVOLTAIC SYSTEM IN COHAB BUILDINGS

Cíntia Correa de Souza<sup>1</sup>  
Andeyvison Silva Mateus<sup>2</sup>  
Wallace Vidal de Matos<sup>3</sup>  
Yago Garcia Oliveira<sup>4</sup>

#### RESUMO

O presente projeto se baseia no estudo da Viabilidade da Instalação de um Sistema Fotovoltaico em prédios da COHAB, localizado no bairro Santa Cruz em Volta Redonda. Para tanto, fora empregada uma metodologia de pesquisa abalizada em um estudo de caso, no qual fora realizado um orçamento para a implementação do mesmo. A partir dos dados colhidos no estudo foi possível verificar que a implementação do sistema fotovoltaico demandou um valor razoavelmente alto inicialmente. No caso apreciado no presente estudo, o valor do orçamento fora de R\$ 75.889,00 para a sua implementação. Todavia, constatou-se que com a implantação da mesma a geração de energia solar foi propícia, a qual fora obtido uma redução do custo de energia considerável para cada morador do prédio. Diante disto, conclui-se que, apesar do elevado desembolso, o sistema em si se paga em 3 anos e 1 mês e a partir disso, o consumidor praticamente não tem mais gastos com o consumo de energia, sendo o mesmo considerado autossuficiente neste sentido. Além da questão econômica, a utilização da energia fotovoltaica traz também vantagens como a redução do impacto ambiental gerado pelo consumo de energia elétrica não renovável.

**Palavras-chave:** Sistema fotovoltaico. Energia renovável. Viabilidade econômica. Prédios da COHAB. Volta Redonda.

#### ABSTRACT

This project is based on the study of the feasibility of installing a photovoltaic system in COHAB buildings, located in the Santa Cruz neighborhood in Volta Redonda. For this purpose, a research methodology based on a case study was used, in which a budget was made for its implementation. From the data collected in the study, it was possible to verify that the implementation of the photovoltaic system initially demanded

<sup>1</sup> Docente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: cintiacorreas@hotmail.com

<sup>2</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: andeyvisson@hotmail.com.

<sup>3</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: wallace-vidal@hotmail.com.

<sup>4</sup> Discente - Curso de Engenharia Elétrica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: yago.garcia@hotmail.com.



a reasonably high value. In the case analyzed in this study, the budget amount was R\$ 75,889.00 for its implementation. However, it was found that with its implementation the generation of solar energy was propitious, which had obtained a considerable reduction in the cost of energy for each resident of the building. Given this, it is concluded that, despite the high disbursement, the system itself pays for itself in 3 years and 1 months and from that, the consumer has practically no more expenses with energy consumption, being considered self-sufficient in this regard. In addition to the economic issue, the use of photovoltaic energy also brings advantages such as reducing the environmental impact generated by the consumption of non-renewable electricity.

**Keywords:** Photovoltaic system. Renewable energy. Economic viability. COHAB buildings. Volta Redonda.

### 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica fotovoltaica é uma fonte energia relativamente desconhecida e inacessível por muitos brasileiros, apesar desse fato o Brasil possui uma imensa capacidade para a produção da energia fotovoltaica, segundo o site Portal Solar (2020), em 2019 o Brasil teve um crescimento recorde correspondendo a 214% de crescimento chegando na marca de 2,4GW instalados, em outubro de 2020 o Brasil chegou na marca de 7GW instalados.

A instalação de uma rede fotovoltaica pode ser feito pelo sistema on-grid ou off-grid sendo que cada um tem suas diferenças e qualidades, considerando o sistema on-grid que é conectado à rede fornecida pela operadora de energia, temos alguns fatores que melhoram o custo benefício para o consumidor, viabilizando a sua escolha para instalação, segundo o site Portal Solar o sistema on-grid dispensa alguns custos que a deixam mais viável ao consumidor dentre eles as baterias solares que estão presentes do sistema off-grid.

O Portal solar também relata que o fato do sistema on-grid ser conectado ser conectado à rede de distribuição da operadora traz uma vantagem ao consumidor, ele permite que o proprietário da instalação forneça energia gerada em excesso para a operadora, fazendo assim um sistema de créditos com a operadora e realizando o abatimento do valor consumido ao longo do mês.

Segundo o site HCC Energia Solar (2017) “a geração de energia solar conectada com a rede da concessionária permite alívios no fornecimento de energia no momento da geração, e isso impacta positivamente nos períodos de alta produção.”



Visando essas pesquisas o presente artigo apresenta o estudo do sistema on-grid, para analisar as vantagens e viabilidade de implementação do sistema para prédios da COHAB localizados no bairro Santa Cruz em Volta Redonda-RJ.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

O presente artigo científico tem como principal objetivo apresentar o estudo sobre a instalação fotovoltaica para a população, através de cálculos e pesquisas mostrando o melhor meio de instalação e a viabilidade econômica do projeto on-grid, além de trazer as vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

Apresentar os sistemas on-grid e off-grid, mostrando suas diferenças e qualidades.

Realizar o estudo da viabilidade econômica, demonstrando suas vantagens e desvantagens.

Apresentar uma simulação da instalação do sistema on-grid em um prédio da COHAB no bairro Santa Cruz em Volta Redonda-RJ.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo a seguir tem como justificativa o crescimento nacional da produção de energia fotovoltaica, mostrando o futuro da produção com uma energia mais limpa e mais viável a população.

## 2 METODOLOGIA

Após analisar o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil e como ela é uma energia mais limpa e viável, foi realizado uma proposta de estudo onde seria comparado a viabilidade econômica da implementação de um sistema em prédios, onde o custo seria dividido aos moradores ou proprietários dos apartamentos no prédio.

O primeiro passo é escolher o local mais viável para realizar o estudo, e após ser analisado diversas áreas na cidade de Volta Redonda-RJ como os bairros Jardim Amália, Aterrado, Vila Santa Cecília foi considerado que o local mais viável seria o



Bairro Santa Cruz, pela quantidade de prédios habitacionais e a enorme quantidade de moradores.

O segundo passo foi escolher o sistema mais viável para a implementação do sistema fotovoltaico, visando a economia para os moradores foi escolhido o sistema on-grid por conter o sistema de créditos da concessionária da região abatendo os valores das contas de consumo.

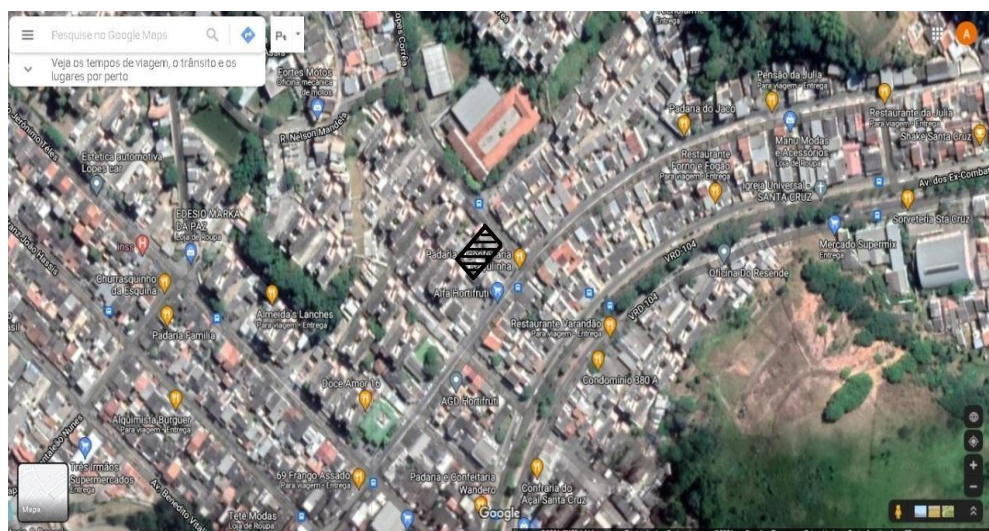
Após a determinação dos primeiros passos o estudo da implementação do sistema fotovoltaico foi inicializado seguindo os dados coletados com os moradores do prédio.

### 2.1 DIMENSIONAMENTO DE PLACAS SOLARES E POTÊNCIA DO INVERSOR DE ACORDO COM A POTÊNCIA DEMANDADA

Para essa etapa será necessário fazer o levantamento de informações básicas do estudo, como o recurso solar disponível e o local da construção do edifício, a demanda e o consumo de energia de todos os apartamentos, o dimensionamento do gerador fotovoltaico e por último o dimensionamento do inversor para a rede.

O local escolhido para a realização do projeto se encontra no bairro Santa Cruz na cidade de Volta Redonda no estado do Rio de Janeiro, onde se localiza boa parte da população da cidade e também uma quantidade significativa de edifícios com o mesmo padrão de construção.

**Figura 1 – Localização do sistema fotovoltaico**

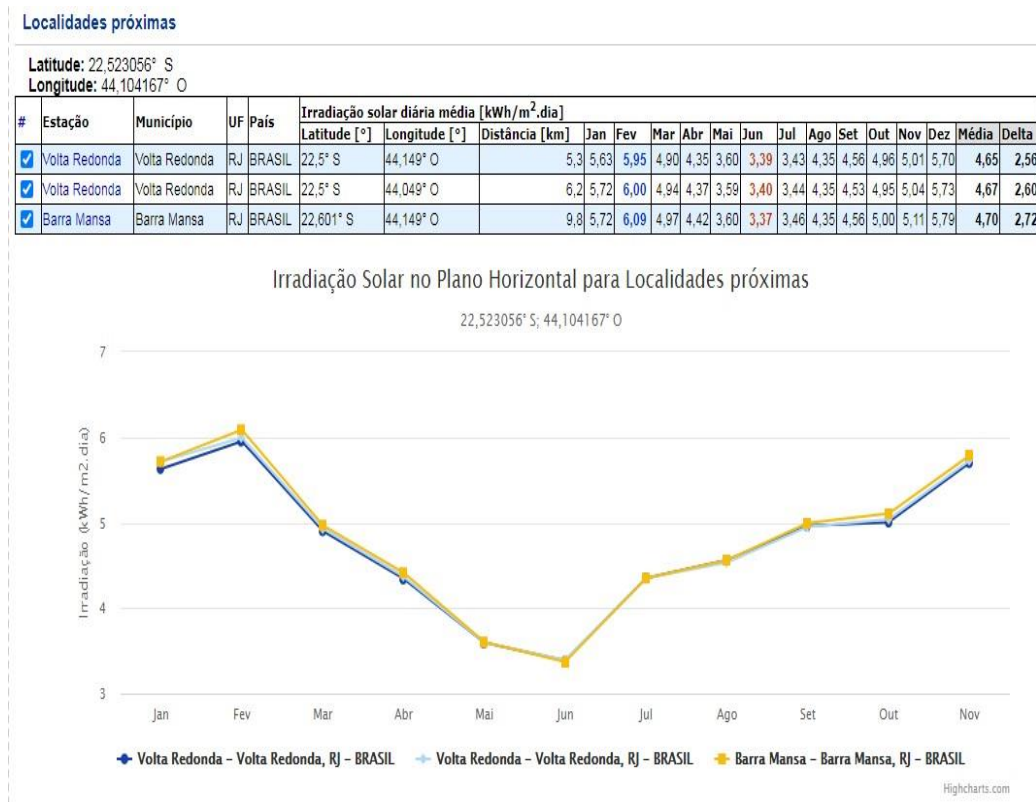


Fonte: Google Earth (2021)



A segunda etapa é pesquisar o recurso solar disponível no local da instalação do projeto, usando o site da CRESEB podemos identificar a radiação solar do local desejado dado em kwh/m<sup>2</sup> conforme a imagem a seguir.

**Figura 2 – Irradiação Solar diária média no plano horizontal de Volta Redonda – RJ**



Fonte: CRESEB (2021)

Após utilizar as coordenadas de latitude e longitude do local da construção do projeto, foi encontrado uma média de 4,65 kwh/m<sup>2</sup> presentes na cidade, onde com essa informação é prosseguido o estudo.

## 2.2 LEVANTAMENTO DA DEMANDA DE CONSUMO

Após o recolhimento dos dados sobre o local de instalação e o recurso solar disponível, o próximo passo do estudo é pesquisar o consumo médio de energia dos últimos doze meses, informação presente na conta de energia fornecida pela concessionária de energia local, como a figura 3 demonstra.



Figura 3 - Conta de consumo de energia da Light

Classe / Subclasse: Residencial/Residencial	Metro: Brasília Nº: 530063	DATA DA LEMBAO: 07/04/2021	MENSAGENS																																				
Grupo: B Subgrupo: B1	Referência Bancária: 010089658541	DATA PREVISTA DA PRÓXIMA LEITURA: 07/05/2021																																					
TENSÃO NOMINAL EM VOLTS Disp: 127,23 em mín: 117,022 v/lim. máx: 113,3231	Número da fatura: 580307644025																																						
Reservado ao Fisco: 7449.0DBL.6276.64AD.F150.3F92.4EA1.0CC6 Nota Fiscal - Série 05 no. 0388334 CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA RE PROCO - 044053.352029 - IFE SEPD - Autorização n. 08-2005/0006384-9																																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energia atica</th> <th>Medição Atual</th> <th>Medição Anterior</th> <th>Consumo kWh</th> <th>Tarifa</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tarifa Convencional</td> <td>271002021</td> <td>36.108</td> <td>360002021</td> <td>33.986</td> <td>1</td> <td>306</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Energia atica	Medição Atual	Medição Anterior	Consumo kWh	Tarifa	Valor	Tarifa Convencional	271002021	36.108	360002021	33.986	1	306	30																								
Energia atica	Medição Atual	Medição Anterior	Consumo kWh	Tarifa	Valor																																		
Tarifa Convencional	271002021	36.108	360002021	33.986	1	306	30																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>REF. MÊS / ANO</th> <th>VENCIMENTO</th> <th>TOTAL A PAGAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ABR/2021</td> <td>05/05/2021</td> <td>R\$ 143,24</td> </tr> </tbody> </table>		REF. MÊS / ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR	ABR/2021	05/05/2021	R\$ 143,24																																
REF. MÊS / ANO	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR																																					
ABR/2021	05/05/2021	R\$ 143,24																																					
ANDEYVISSON SILVA MATEUS AV. MJ. ANIBAL DE OLIVEIRA MACHADO FILHO 280 BL. B. APT. 105 SANTA CRUZ / VOLTA REDONDA, RJ CEP: 27288-020 CPF: 150.342.377-84		<table border="1"> <thead> <tr> <th>CÓDIGO DO CLIENTE</th> <th>CÓDIGO DA INSTALAÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>31724895</td> <td>0412641764</td> </tr> </tbody> </table>		CÓDIGO DO CLIENTE	CÓDIGO DA INSTALAÇÃO	31724895	0412641764																																
CÓDIGO DO CLIENTE	CÓDIGO DA INSTALAÇÃO																																						
31724895	0412641764																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Itens de fatura</th> <th>CFOP</th> <th>Unidade</th> <th>Quant.</th> <th>preço unit (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>5.258</td> <td>kWh</td> <td>154</td> <td>0,86691</td> <td>138,09</td> </tr> <tr> <td>Multa 2% conta de 02/2021 sobre R\$ 107,97</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2,16</td> </tr> <tr> <td>Juros mora 1%am: 24 dia(s) sobre R\$107,97</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,86</td> </tr> <tr> <td>Variação do IGP/M: R\$108,83</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2,13</td> </tr> </tbody> </table>		Itens de fatura	CFOP	Unidade	Quant.	preço unit (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	5.258	kWh	154	0,86691	138,09	Multa 2% conta de 02/2021 sobre R\$ 107,97					2,16	Juros mora 1%am: 24 dia(s) sobre R\$107,97					0,86	Variação do IGP/M: R\$108,83					2,13	COMUNICADO AO CLIENTE: REAJUSTE TARIFÁRIO A Agência Reguladora - ANCEL, através da Resolução Normativa nº 7.852, de 09/03/2021, autorizou o reajuste médio de 4,87% nos tarifas de energia elétrica para os consumidores da Light, com vigência a partir de 15/03/2021.							
Itens de fatura	CFOP	Unidade	Quant.	preço unit (R\$)	Valor (R\$)																																		
Energia Elétrica kWh	5.258	kWh	154	0,86691	138,09																																		
Multa 2% conta de 02/2021 sobre R\$ 107,97					2,16																																		
Juros mora 1%am: 24 dia(s) sobre R\$107,97					0,86																																		
Variação do IGP/M: R\$108,83					2,13																																		
Subtotal Faturamento (veja abaxo) Subtotal Outros Após a concessão haverá multa de 2% juros e atualização de IGP/M, cobradas em conta posterior (Res. ANCEL nº 414 de 20/05/18 e Lei 13.101 de 11/11/2018)		138,09 5,15																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ítem</th> <th>Tarifa de Cobrança (R\$) (de acordo com o plano)</th> <th>Valor (R\$)</th> <th>CFOP</th> <th>Unidade</th> <th>Quant.</th> <th>preço unit (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EMIS</td> <td>138,09</td> <td>138,09</td> <td>18%</td> <td>24,85</td> <td></td> <td></td> <td>24,85</td> </tr> <tr> <td>PS/RASEP</td> <td>138,09</td> <td>0,86</td> <td>0,0062%</td> <td>0,93</td> <td></td> <td></td> <td>0,93</td> </tr> <tr> <td>COFINS</td> <td>138,09</td> <td>4,32</td> <td>3,1306%</td> <td>4,32</td> <td></td> <td></td> <td>4,32</td> </tr> </tbody> </table>		Ítem	Tarifa de Cobrança (R\$) (de acordo com o plano)	Valor (R\$)	CFOP	Unidade	Quant.	preço unit (R\$)	Valor (R\$)	EMIS	138,09	138,09	18%	24,85			24,85	PS/RASEP	138,09	0,86	0,0062%	0,93			0,93	COFINS	138,09	4,32	3,1306%	4,32			4,32	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Total da Nota Fiscal (R\$)</th> <th>Tarifa sem tributos (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>138,09</td> <td>0,70129200</td> </tr> </tbody> </table>		Total da Nota Fiscal (R\$)	Tarifa sem tributos (R\$)	138,09	0,70129200
Ítem	Tarifa de Cobrança (R\$) (de acordo com o plano)	Valor (R\$)	CFOP	Unidade	Quant.	preço unit (R\$)	Valor (R\$)																																
EMIS	138,09	138,09	18%	24,85			24,85																																
PS/RASEP	138,09	0,86	0,0062%	0,93			0,93																																
COFINS	138,09	4,32	3,1306%	4,32			4,32																																
Total da Nota Fiscal (R\$)	Tarifa sem tributos (R\$)																																						
138,09	0,70129200																																						
Adicional bandeiras já incluso no valor a pagar MARÇO 2021 - BANDEIRA AMARELA ABRIL 2021 - BANDEIRA AMARELA		<table border="1"> <thead> <tr> <th>BANDEIRA</th> <th>VALOR (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bandeira Amarela</td> <td>2,63</td> </tr> </tbody> </table>		BANDEIRA	VALOR (R\$)	Bandeira Amarela	2,63																																
BANDEIRA	VALOR (R\$)																																						
Bandeira Amarela	2,63																																						
Tarifa em R\$ kWh (sem impostos) TSD - 100 100 kWh = R\$ 100,00 100 kWh = R\$ 100,00 100 kWh = R\$ 100,00		CONSUMO kWh ABR/21: 154 MAR/21: 122 FEV/21: 126 JAN/21: 122 DEZ/20: 123 NOV/20: 134 OUT/20: 123 SET/20: 121 AGO/20: 124 JUL/20: 110 JUN/20: 127 MAI/20: 116 ABR/20: 104																																					
VENCIMENTO: 05/05/2021 TOTAL A PAGAR: *****143,24 CÓDIGO DO CLIENTE: 31724895 ABR/2021		Autenticação Mecânica																																					

Fonte: Light (2021)

Dentro da figura 4 é informada o consumo dos últimos doze meses em kWh, onde é necessária essa informação para o dimensionamento das placas.

Figura 4 - Consumo do último ano presente na conta de energia da Light

Consumo / kWh	Consumo	Valor
ABR/21	154	154
MAR/21	122	122
FEV/21	126	126
JAN/21	122	122
DEZ/20	123	123
NOV/20	134	134
OUT/20	123	123
SET/20	121	121
AGO/20	124	124
JUL/20	110	110
JUN/20	127	127
MAI/20	116	116
ABR/20	104	104

Fonte: Light (2021)



Com as informações fornecidas pela concessionária de energia é aplicada a fórmula de média de energia explicada dentro da metodologia de pesquisa. Vale destacar que a potência da área comum do prédio é ignorada nesse cálculo por ser muito baixa.

$$Energia_{Média Apt} = \frac{\sum 12 meses}{12}$$

$$Energia_{Média Apt} = \frac{154+122+126+122+123+134+123+121+124+110+127+116}{12}$$

$$Energia_{Média Apt} = 125,16 KWh$$

Após a obtenção do consumo médio anual de um dos apartamentos, é realizado a subtração da taxa mínima de consumo da concessionária de energia, no presente estudo as ligações de todos os apartamentos são bifásicas, portanto os valores estabelecidos para cada padrão são:

Monofásico: o consumidor paga uma taxa mínima equivalente a 30 kWh;

Bifásico: o custo de disponibilidade pago corresponde a 50 kWh;

Trifásico: a taxa mínima é igual a 100 kWh.

$$Energia_{Média} = Média apt - Taxa Mínima$$

$$Energia_{Média} = 125,16 - 50 \cong 76 KWh$$

Seguindo o estudo, a próxima etapa é descobrir o consumo médio do edifício onde basicamente é realizado a multiplicação do consumo encontrado de um apartamento pela quantidade de apartamentos nele. Levando em consideração que o edifício contém trinta e dois apartamentos, temos:

$$Energia_{Média total} = Energia Média \times Qtd. Apartamentos$$

$$Energia_{Média total} = 76 \times 32$$

$$Energia_{Média total} = 2432 KWh$$

Seguindo os passos e finalizando o consumo médio dos apartamentos, a próxima etapa é encontrar a energia de geração por dia, dividindo a energia média encontrada na equação anterior pela quantidade de dias do mês, assim encontrado o resultado que será usada para saber a quantidade de painéis usados no projeto.

$$Energia_{Geração} = Energia_{Média total} \div Quant. de dias por mês$$

$$Energia_{Geração} = 2432 \div 30$$

$$Energia_{Geração} = 82 KWh/dia$$





## 2. 3 DIMENSIONAMENTO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Ao realizar dimensionamento dos geradores fotovoltaicos é levado em consideração o sistema de compensação de energia adotado pelo Brasil (Resolução Normativa ANEEL 482/2012), onde basicamente fala sobre a produção de energia excedente do sistema fotovoltaico. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora.

Após a realização dos cálculos envolvendo o consumo total do edifício é escolhida as placas fotovoltaicas, sendo primeiro critério a se observar nas placas é o rendimento das mesmas, sendo afetado por diversos fatores citados na metodologia de pesquisa, que são:

- Perdas por temperatura – será considerado o valor 15%, levando em consideração que o local escolhido é bastante arejado, mas em elevado em relação ao solo.

- Mismatch (incompatibilidade elétrica) – será considerado o valor 2%, observando que a qualidade dos geradores fotovoltaicos com o tempo vem melhorando, mesmo assim ainda existe algumas pequenas falhas nos produtos.

- Sombreamento e poeira – será considerado o valor 6%, a área escolhida para a realização de processo é uma área de fácil acesso para limpeza, e ao mesmo tempo na cidade de Volta Redonda existe muita poluição podendo assim afetar a produção das placas.

- Cabeamento CC – será considerado o valor 1%.

- Cabeamento CA – será considerado o valor 1%.

- Eficiência do inversor – será considerado o valor 2% sendo que a média de eficiência encontrada hoje em dia gira em torno de 97% a 98%.

Cada um desses fatores é subtraído de 100% e multiplicados entre eles para



ser obtido o rendimento das placas, como mostra a equação.

$$\eta_{\text{Rendimento}} = \frac{[(100\% - 15\%) \times (100\% - 2\%) \times (100\% - 6\%) \times (100\% - 1\%) \times (100\% - 1\%) \times (100\% - 2\%)]}{1 \times 10^{12}}$$

$$\eta_{\text{Rendimento}} \cong 75\%$$

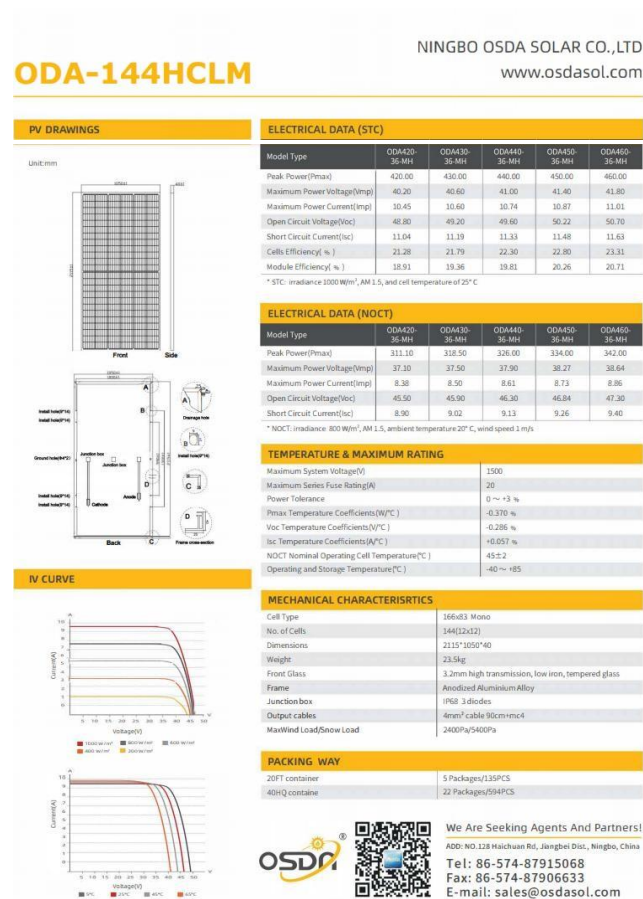
Identificado o rendimento das placas instaladas no local, é calculado a potência total dos painéis que é necessária para atender a demanda encontrada, e com isso utilizamos a seguinte equação.

$$\begin{aligned} \text{Potência total Painéis} &= \frac{(\text{Energia Geração} \div \text{Rendimento})}{\text{Tempo Exposição}} \\ \text{Potência total Painéis} &= \frac{82 \div 0,75}{467} = 2340 \text{ KWp} \end{aligned}$$



Seguindo a metodologia de pesquisa do presente estudo, é definido uma placa solar com uma potência de 450W modelo *Mono Crystalline* 158.75x79.375mm para melhor viabilidade econômica do estudo.

**Figura 5 – Características do painel solar 450W Mono Crystalline**



Fonte: osdasol (2021)

A última etapa do dimensionamento é encontrada a quantidade de placas que o edifício inteiro ira necessitar para geração mínima, onde a potencia total encontrada é dividida pela potencia das placas escolhidas.

$$Qnt \ de \ Painéis = Potência \ total_{Painéis} \div Capacidade \ nominal_{Painéis}$$

$$Qnt \ de \ Painéis = 23400 \ Wp \div 450 \ Wp$$

$$Qnt \ de \ Painéis = 52 \ placas$$



### 2.3 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

A última parte do dimensionamento é sobre o inversor, como relata o site portal solar (2021), o inversor solar é o equipamento usado para converter a energia gerada pelos painéis solares, de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), possibilitando o uso da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica.

O tipo de inversor instalado para o objetivo do estudo é o tipo grid-tie ou on-grid que além de realizar a conversão das correntes, ele que também é responsável pela ligação da energia gerada pelas placas fotovoltaicas com a rede concessionária de energia local, fazendo assim todo o objetivo do projeto para uma melhor viabilidade econômica.

O próximo passo para o dimensionamento é necessário ter a potência das placas geradoras e as características elétricas do inversor escolhido, onde a potência do inversor deve ser igual ou superior a potência máxima da carga, expressa pela equação 8, gerada pelos painéis solares.

O inversor escolhido foi o modelo Growatt MID25KTL3-X da Growatt.

**Figura 6 – Dados do Inversor Fotovoltaico MID25KTL3-X Marca Growatt**

Ficha de dados	MID 15KTL3-X	MID 17KTL3-X	MID 20KTL3-X	MID 22KTL3-X	MID 25KTL3-X
<b>Dados de entrada</b>					
Máxima potência fotovoltaica recomendada (para o módulo STC)	22500W	25500W	30000W	33000W	37500W
Máxima tensão CC	1100V				
Tensão de partida	250V				
Faixa de tensão MPPT	180V-1000V				
Tensão nominal	580V				
Número de MPPT independentes / strings por MPPT	2/2+2	2/2+2	2/2+2	2/2+2	2/2+3
Máxima corrente de entrada por string	25A	25A	25A	25A	25A/37.5
Máxima corrente de entrada	32A	32A	32A	32A	32A/48A
<b>Saída (CA)</b>					
Potência nominal de saída CA	15000W	17000W	20000W	22000W	25000W
Potência aparente máxima de CA	16600VA	18800VA	22000VA	22000VA	25000VA
Tensão nominal CA(Faixa)	220V/380V(340-440V)				
Frequência da rede CA(Faixa)	50/60 Hz(45-55Hz/55-65 Hz)				
Máxima corrente de saída	24.2A	27.4A	31.9A		36.2A
Fator ajustável de potência	0.8-0.8c				
THDi	<3%				
Tipo de conexão de rede CA	3W+N+PE				

Fonte: Growatt (2021)



$$Inversor_{potência} \geq 234KWp - (234KWp \times 0\%)$$

$$Inversor_{potência} \geq 234 X_1 KWp$$

$$Inversor_{potência} \geq 234KWp + (234 KWp \times 1,1\%)$$

$$Inversor_{potência} \leq 2574 X_2 KWp$$

$$234 KWp \geq Inversor_{potência} \leq 2574 KWp$$

### 3 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

O principal objetivo do presente estudo é a viabilidade econômica que o mesmo pode trazer para os trinta e dois moradores do edifício, para isso é feito alguns cálculos onde é estimado um tempo de retorno financeiro ao consumidor com base no orçamento a seguir.

Figura 7 - Orçamento do Projeto

**Investimento:**

Descrição do Sistema	Valor Total*
Sistema Gerador fotovoltaico conectado à rede - ON GRID – 23,4 Kwp com inversor Growatt MID25KTL3-X	R\$ 75.889,00



Fonte: Azimune (2021)



### 3.1 PAYBACK

Segundo o site Contábeis (2021) análise do prazo de retorno do investimento em um projeto. Podemos completar que o *PayBack* é o tempo de retorno do investimento inicial até o momento no qual o ganho acumulado se iguala ao valor deste investimento.

Para o cálculo do payback é necessário o valor total do orçamento de acordo com a figura 8 e dividir pela quantidade de moradores, achando assim o investimento de cada um dos apartamentos.

$$\text{Investimento de cada morador} = R\$ 75889,00 \div 32$$

$$\text{Investimento de cada morador} = R\$ 2371,53$$

Um ponto importante para o cálculo do payback é que ainda é cobrada a taxa mínima da concessionária de energia já explicada anteriormente e sendo as ligações bifásicas a taxa mínima da empresa Light é de 50KW/h, o valor estimado do kw/h da empresa é de R\$0,91 (maio/2021), com esses dados podemos saber o valor mínimo a ser pago por cada morador.

$$\text{Valor mínimo} = 50 \times R\$ 0,91 = R\$ 45,50 \text{ por mês}$$

Usando o valor médio de consumo de cada morador que é de R\$109,84 é encontrado a média do valor que o morador irá deixar de gastar por mês.

$$\text{Economia por mês} = R\$ 109,84 - R\$ 45,50 = R\$ 64,34 \text{ por mês}$$

Por fim o cálculo do payback utiliza os dados acima afim de encontrar em quantos meses o consumidor terá o retorno financeiro investido na instalação do projeto.

$$\text{Payback} = R\$ 2371,53 \div R\$ 64,34$$

$$\text{Payback} \cong 37 \text{ meses ou } 3 \text{ anos e } 1 \text{ mês}$$

### 3.2 VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) E TAXA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Um modo de demonstrar o quanto o projeto é viável financeiramente e o quando o mesmo irá fornecer de retorno é apresentando o valor presente líquido (VPL) como explicado anteriormente ele indica o fluxo de caixa previsto para o investimento, e a taxa interna de retorno (TIR) é um número obtido internamente no projeto a partir dos



fluxos de caixa esperados.

A seguir a tabela demonstra o VPL e a TIR ao decorrer de trinta anos após o investimento inicial, indicando assim o quanto de economia o projeto irá atingir após os trinta anos.

**Tabela 1 - Retorno do investimento com VPL e TIR**

TAXA DE DESCONTO		4%
* AUMENTO ANUAL NA CONTA DE LUZ		4,60%
INVESTIMENTO INICIAL		-R\$2.371,53
	1	R\$1.318,08
	2	R\$1.378,71
	3	R\$1.442,13
	4	R\$1.508,47
	5	R\$1.577,86
	6	R\$1.650,44
	7	R\$1.726,36
	8	R\$1.805,77
	9	R\$1.888,84
	10	R\$1.975,73
	11	R\$2.066,61
	12	R\$2.161,67
	13	R\$2.261,11
	14	R\$2.365,12
	15	R\$2.473,92
	16	R\$2.587,72
	17	R\$2.706,75
	18	R\$2.831,26
	19	R\$2.961,50
	20	R\$3.097,73
	21	R\$3.240,23
	22	R\$3.389,27
	23	R\$3.545,18
	24	R\$3.708,26
	25	R\$3.878,84
VALOR PRESENTE LÍQUIDO(VPL)		R\$30.391,14
TAXA INTERNA DE RETORNO(TIR)		60%



### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o crescimento populacional com o passar dos anos, também existe um crescimento expressivo em relação ao consumo de energia, esse fato faz com que a população procure fontes de energia alternativas e renováveis que possam atendê-las da melhor maneira.

O crescimento populacional também vem mudando o tipo de moradia, com o passar do tempo mais pessoas vem buscando edifícios, por sua viabilidade econômica em relação as casas.

Com o aumento no número de edifícios e o aumento de consumo, a energia fotovoltaica se torna totalmente viável para esse tipo de moradia, de acordo com o presente estudo é possível concluir que a energia fotovoltaica mesmo sendo uma energia com o investimento inicial relativamente caro, ela consegue um retorno financeiro com o passar dos anos e um retorno mais viável ainda por ser um edifício, onde os moradores irão dividir alguns grandes custos.

A viabilidade econômica é a parte mais importante nesse estudo. Para isso, foi empregado o método do prazo de recuperação do investimento – *payback*, e o método do valor presente líquido – VPL, que visa determinar se o sistema fotovoltaico a ser implantado é lucrativo ou não.

O cálculo do *payback* descreve (em termos de valor presente) quanto tempo o projeto leva para recuperar seu investimento inicial. No caso do projeto estudado esse tempo ficou abaixo da média comumente (4 anos), sendo recuperado seu investimento aproximadamente em 3 anos e 1 mês.

O VPL informa o lucro que o projeto irá gerar em valor presente. A função simplesmente requer entrada de fluxo de caixa de todos os anos de operação da planta solar e saída de fluxo de caixa. No presente estudo esse lucro foi na ordem de R\$ 30.391,14.

Dessa forma, ficou evidente que a energia solar é a melhor e a mais econômica opção para a geração de energia elétrica. Além disso, a tecnologia é sustentável. Portanto, a instalação de energia solar fotovoltaica é a melhor fonte alternativa de eletricidade para atenuação total ou parcial da demanda energética atual e futura.

Este estudo concluiu ainda que a implementação do sistema fotovoltaico conectado à rede nos prédios da COHAB, no bairro Santa Cruz em Volta Redonda é





viável econômica e tecnicamente, com a aplicação da metodologia descrita nesta pesquisa.

A metodologia utilizada neste estudo é aplicada em apenas um único prédio, porém como sugestão para trabalhos futuros, ela pode ser explorada aplicando essa mesma metodologia nas várias outras dezenas de prédios da COHAB do bairro, estudando de forma expandida a economia gerada para todas as partes envolvidas.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11704:2008**. Sistemas fotovoltaicos – Classificação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10889:2013**. Energia solar fotovoltaica — Terminologia.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16150:2013**. Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição — Procedimento de ensaio de conformidade.

ABSOLAR. **Energia solar**: quando os benefícios superam, de longe, os custos. 2019. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/energia-solar-fotovoltaica-quando-os-beneficios-superam-de-longo-os-custos.html>. Acesso em: 18 mar. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 281, de 01 de outubro de 1999**. Estabelece as condições gerais de contratação do acesso, compreendendo o uso e a conexão, aos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2005/010/documento/resolucao\\_n%C2%BA\\_281\\_1999\\_-\\_versao\\_proposta\\_com\\_alteracoes.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2005/010/documento/resolucao_n%C2%BA_281_1999_-_versao_proposta_com_alteracoes.pdf). Acesso em: 28 nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em:



28/11/2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Seminário Internacional Micro e Minigeração Distribuída**. Normas Técnicas Brasileiras, Avaliação de Conformidade e Procedimentos de Conexão. 2018. DISPONÍVEL EM: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/16832773/5+-+NORMAS+T%C3%89CNICAS+BRASILEIRAS.pdf/9aeffe7c-dcbf-49c7-f5a6-6d2880d9f9fe>. Acesso em: 28 nov. 2020.

ACADEMIA DO SOL. **Fatores de perda em sistemas fotovoltaicos**. 2019. Disponível em: <http://academiadosol.com.br/blog/fatores-de-perda-em-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 28 maio 2021.

BLUE SOL. **Como múltiplas unidades consumidoras podem dividir os custos e lucros da energia solar**. 2020. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/multiplas-unidades-consumidoras/>. Acesso em: 16 JUN. 2021.

BLUE SOL. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**. Livro digital de introdução aos sistemas solares. 2016. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Potencial solar. **SunData**, v 3, 2020. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 14 jun. 2021.

CALCULADORA DIÁRIA. **Taxa Interna de Retorno (TIR) – Cálculo**. 2019. Disponível em: <http://dailycalculators.com/pt/node/15?value=-85000%2C%2020000%200%2C%2020000%200%2C%2020000%20-3200%2C%2020000%200%2C%2020000%200>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CALCULADORA DIÁRIA. **Valor presente Líquido (VPL) - Cálculo**. 2019. Disponível em: <http://dailycalculators.com/pt/node/16>. Acesso em: 18 jun. 2021.

CONTÁBEIS. **O que é e como calcular o Payback**. 2016. Disponível em: <https://www.contabeis.com.br/noticias/30249/o-que-e-e-como-calcular-o-payback/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

DUSOL. **Porque você paga taxa mínima de energia, mesmo se não usar?** 2020. Disponível em: <https://www.dusolengenharia.com.br/post/por-que-voce-paga-taxa-minima-de-energia-mesmo-se-nao-usar/>. Acesso em: 09 maio 2021.

ECYCLE. **Tipos de sistemas fotovoltaicos: on-grid e off-grid**. 2015. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/sistema-fotovoltaico-painel-solar-estrutura-suporte-inversor-controlador-carga-cabos-baterias-captacao-armazenamento-kit-geracao-energia-eletrica-eletricidade-vantagens-desvantagens-fontes-renovavel-m/>. Acesso em: 04 abr. 2021.



GROWATT. **Inversores MID15~25KTL3-X**. 2020. Disponível em: <https://www.ginverter.pt/show-41-642.html>. Acesso em: 14 jun. 2021.

HCC ENERGIA SOLAR. **O que diz a legislação de energia solar no Brasil? Confira 5 pontos!** 2020. Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/posts/o-que-diz-a-legislacao-de-energia-solar-no-brasil-confira-5-pontos/>. Acesso em: 12 maio 2021.

MINHA CASA SOLAR. **Qual a diferença entre sistemas on-grid e off-grid**. 2018. Disponível em: <http://blog.minhacasasolar.com.br/qual-diferenca-sistemas-on-grid-off-grid/>. Acesso em: 02 abr. 2021.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, março 2014.

PORTAL ENERGIA. **Como escolher o melhor inversor para o sistema solar da minha casa?** 2018. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/como-escolher-o-melhor-inversor-para-o-sistema-solar-da-minha-casa/>. Acesso em: 04 fev. 2021.

PORTAL ENERGIA. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

PORTAL LIGHT S.A. **Extrato de microgeração e minigeração**. 2020. Disponível em: <http://www.light.com.br/para-residencias/Sua-Conta/solicitar-energia-alternativa.aspx>. Acesso em: 08 jun. 2021.

PORTAL LIGHT S.A. **Procedimentos para a conexão de microgeração e minigeração ao sistema de distribuição da Light SESA – Até Classe 36,2kV**. 2020. Disponível em: [http://www.light.com.br/Repositorio/Normas%20T%C3%A9cnicas/LIGHT\\_Informacao\\_Tecnica\\_DDE\\_01\\_2012\\_%20rev\\_06\\_Julho\\_2020.pdf](http://www.light.com.br/Repositorio/Normas%20T%C3%A9cnicas/LIGHT_Informacao_Tecnica_DDE_01_2012_%20rev_06_Julho_2020.pdf). Acesso em: 08 jun. 2021.

PORTAL SOLAR. **A regulamentação dos créditos de energia Solar**. 2018. Disponível em: [https://www.portalsolar.com.br/a\\_regulamentacao\\_dos\\_creditos\\_de\\_energia.html](https://www.portalsolar.com.br/a_regulamentacao_dos_creditos_de_energia.html). Acesso em: 10 abr. 2021.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar on-grid ou off-grid? Qual devo escolher?** 2018. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-on-grid-ou-off-grid-qual-devo-escolher>. Acesso em: 04 abr. 2021.

RABELO, L.N. *et al.* Análise da viabilidade econômico e financeira de um processo de automação: estudo de caso em uma empresa salineira. *In*: ABEPRO - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. PERSPECTIVAS GLOBAIS PARA A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35. Fortaleza, CE, Brasil, 2015. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_219\\_27061.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_219_27061.pdf). Acesso em: 02 maio 2020.



SEBRAE. **Viabilidade Financeira**. 2019. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pr/artigos/viabilidade-financeira,4e8ccd18a819d610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 18 maio 2021.

SILVA, P.H.T.; FLORIAN, F.; PESTANA, F.A.B. Estudo de perdas em sistemas fotovoltaicos. **Rev. Cient. Semana Acadêmica**, Fortaleza, p. 21, dez. 2018. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_pedrohenriquetronco\\_04dez2018.doc3.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_pedrohenriquetronco_04dez2018.doc3.pdf). Acesso em: 01 jun. 2021.

SOLAR-PANEL. **Painéis solares SUN 78M-HFD435W/440W/445W**. 2020. Disponível em: <https://redenergybr.com.br/loja/wp-content/uploads/2020/09/DATASHEET-PAINEL-SOLAR-SUN-78M-SUNERGY-440W.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2021.

SOLAR PRIME. **Inversor solar: o que é e para que serve?** 2019. Disponível em: <https://blog.solarprime.com.br/inversor-solar-o-que-e-e-para-que-serve/>. Acesso em: 15 jun. 2021

Sunergia. **Aplicações e projeto de sistemas fotovoltaicos**. 2018. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/aplicacoes-e-projeto-de-sistemas-fotovoltaicos/>. Acesso em: 28 maio 2021.

TREASY. **Valor presente líquido (VPL)**. 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>. Acesso em: 18/06/2021.

TEIXEIRA, Cristiane. Como calcular o prazo para recuperar o dinheiro investido em um negócio. **Jornal Folha de São Paulo**, 30 jan. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mpme/2020/01/como-calculer-o-prazo-para-recuperar-o-dinheiro-investido-em-um-negocio.shtml>. Acesso em: 02 jun. 2020.

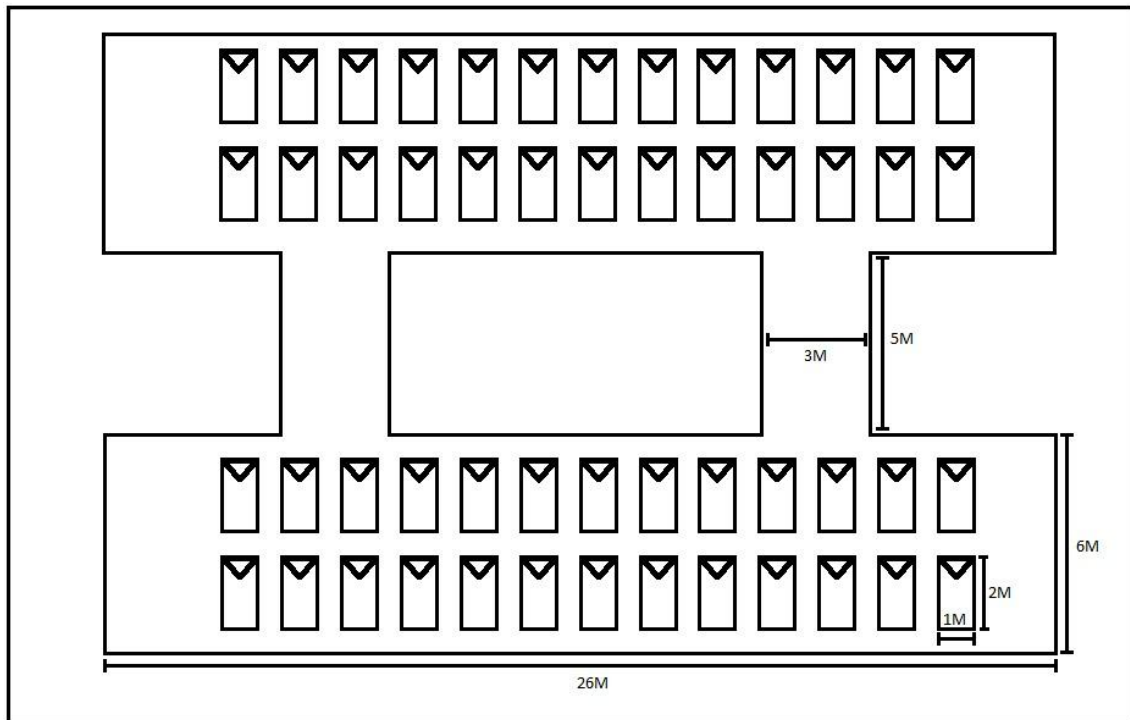
VILLALVA, M.G.; GAZOLI, J.R. **Energia fotovoltaica - conceitos e aplicações: sistema isolados e conectados à rede**. São Paulo: Érica, 2012.

VILLALVA, Marcelo. **Conhecendo o inversor solar fotovoltaico por dentro**. 2021. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/conhecendo-o-inversor-solar-fotovoltaico-por-dentro/>. Acesso em: 15 jun. 2021.





ANEXO 02 – Planta de instalação do sistema





## VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA.

### TECHNICAL FEASIBILITY IN THE USE OF WIND ENERGY: A LITERATURE REVIEW

Bruno Henrique Nunes Barbosa<sup>1</sup>  
Fernando da Silva Santos<sup>2</sup>  
Luiz Henrique Ferreira Moreira<sup>3</sup>

#### RESUMO

No uso da energia eólica, além da velocidade média do vento, as variações diurnas, noturnas e sazonais dos ventos, a variação da velocidade do vento com a altura, a entidade das rajadas em espaços de tempo breve, e valores máximos ocorreram em séries de dados históricos com duração mínima de 20 anos. Também é importante saber a velocidade máxima do vento. Para aproveitar a energia do vento, é necessário que ele atinja uma velocidade mínima de 12 km / h e que não ultrapasse 65 km / h. O objetivo geral desta pesquisa é analisar a viabilidade da utilização de Energia Eólica. Uma usina eólica é considerada uma fonte de geração de energia limpa, ocupa pouco espaço físico, pode produzir energia em locais remotos e é abundante, pois o vento está disponível em todo o mundo. Existem 637 parques eólicos e 7.738 turbinas eólicas. Em 2019, o setor de energia eólica investiu R\$ 13,6 bilhões no Brasil, segundo dados da Bloomberg New Energy Finance (BNEF). A análise da literatura existente nos expõe à natureza instável incontrolável da energia eólica. Torna-se uma nova fonte no planejamento da expansão do sistema elétrico brasileiro, um potencial de exploração que oferece energia ambientalmente sustentável e suficiente para atender a demanda esperada nas próximas décadas. Por não emitir dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) na atmosfera, possui um balanço energético muito favorável e seu impacto ambiental é muito menor se comparado à energia proveniente de combustíveis fósseis (petróleo), que causa grande impacto ambiental por produzir emissões de gases que, além de poluentes, destruindo ecossistemas. Sua utilização é promissora e os fatores que permitem um horizonte de crescimento virtuoso desta fonte natural de energia renovável baseiam-se em um ativo que possui pais que são os melhores do mundo para a produção eólica dos ventos.

**Palavras-chave:** Energia eólica. Sustentabilidade. Energias renováveis.

<sup>1</sup> Bruno Henrique Nunes Barbosa – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: bruno.nunes1993@outlook.com

<sup>2</sup> Fernando da Silva Santos – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: fernando.santos@ubm.br

<sup>3</sup> Luiz Henrique Ferreira Moreira – Curso de Engenharia Mecânica – Centro Universitário de Barra Mansa (UBM), RJ. E-mail: luizhfm95@gmail.com



## ABSTRACT

In the use of wind energy, in addition to the average wind speed, the diurnal, nocturnal and seasonal variations of the winds, the variation of the wind speed with the height, the entity of the gusts in short periods of time, and maximum values occurred in series of historical data with a minimum duration of 20 years. It is also important to know the maximum wind speed. To take advantage of the wind's energy, it is necessary for it to reach a minimum speed of 12 km / h and not exceed 65 km / h. The general objective of this research is to analyze the feasibility of using Wind Energy. A wind farm is considered to be a source of clean energy generation, takes up little physical space, can produce energy in remote locations and is abundant, as the wind is available all over the world. There are 637 wind farms and 7,738 wind turbines. In 2019, the wind energy sector invested R \$ 13.6 billion in Brazil, according to data from Bloomberg New Energy Finance (BNEF). The analysis of the existing literature exposes us to the unstable uncontrollable nature of wind energy. It becomes a new source in planning the expansion of the Brazilian electrical system, a potential for exploration that offers energy that is environmentally sustainable and sufficient to meet the demand expected in the coming decades. Because it does not emit carbon dioxide (CO<sup>2</sup>) into the atmosphere, it has a very favorable energy balance and its environmental impact is much less when compared to energy from fossil fuels (oil), which causes great environmental impact by producing gas emissions that, in addition to pollutants, destroying ecosystems. Its use is promising and the factors that allow a horizon of virtuous growth of this natural source of renewable energy are based on an asset that has parents that are the best in the world for wind production.

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

## 1 INTRODUÇÃO

Existem fontes naturais de energia e fontes artificiais, ou seja, criadas pelo homem. Os primeiros são chamados de fontes primárias de energia se produzem energia diretamente. Os outros são chamados de energias secundárias porque provêm de uma transformação de energia. Assim, alimentos, água, vento e sol são fontes primárias, enquanto o vapor e a eletricidade são fontes secundárias. O sol está na origem da maioria das fontes de energia presentes na Terra: calor, luz, crescimento de plantas, aumento das massas de água, ventos, correntes marinhas, tempestades. Um dos principais princípios a lembrar é que a energia é transformada, mas nunca perdida. A energia é sempre preservada mesmo se mudar de forma. Em outras palavras, uma determinada quantidade de energia parece desaparecer sempre para





dar a mesma quantidade de energia de outra forma, seja calor, luz ou comida. (MONTICELLI; GARCIA, 1999).

As fontes de energia utilizáveis pelo homem são numerosas: fornecem calor, luz e força. A energia sempre foi essencial para a existência humana e seu uso em várias formas transformou continuamente a sociedade. A descoberta da resultante do vapor levou à Revolução Industrial. Apesar do domínio das técnicas, a questão da energia aparece hoje como uma das nossas principais preocupações. Algumas de suas fontes estão exauridas, outras poluem nosso meio ambiente. (SALLES, 2011). A energia pode ser definida como qualquer coisa que pode fazer o trabalho, produzir luz, calor ou se mover. A palavra "energia" vem da baixa latina energia, que vem do grego antigo ἐνέργεια (energeia), que significa "força em ação". A energia é um conceito antigo na linguagem cotidiana, mas não foi definida cientificamente até meados do século XIX. Depois de ter explorado sua própria força e a dos animais, o homem aprendeu a usar as energias contidas na natureza (ventos: energia eólica e vias navegáveis: hidrelétricas).

Desde a Revolução Industrial, os recursos, as capacidades e as necessidades energéticas do homem se expandiram dramaticamente. Em dois séculos, o homem passou das primeiras máquinas a vapor servindo uma oficina, às usinas de energia nuclear que fornecem energia para cidades inteiras.

O vento é uma manifestação indireta da energia solar, produzida como resultado dos diferentes graus de aquecimento da superfície terrestre pelos raios solares e pela rotação da Terra sobre si mesma. Considera-se que 1-2% da radiação solar incidente nas camadas superiores da atmosfera acaba sendo transformada em energia cinética dos ventos. Considerando que a contribuição do Sol em sua interação com o sistema atmosférico terrestre é de 174.000 TW, apenas 1,74 TW se destinam a manter a circulação geral da atmosfera, ou seja, os ventos. Essa quantidade é cerca de 50-100 vezes a energia obtida pela biomassa em todas as plantas da Terra (FETT, 2019).

No uso da energia eólica, além da velocidade média do vento, as variações diurnas, noturnas e sazonais dos ventos, a variação da velocidade do vento com a altura, a entidade das rajadas em espaços de tempo breve, e valores máximos ocorreram em séries de dados históricos com duração mínima de 20 anos. Também



é importante saber a velocidade máxima do vento. Para aproveitar a energia do vento, é necessário que ele atinja uma velocidade mínima de 12 km / h e que não ultrapasse 65 km / h (SIQUEIRA, SANTOS, 2016).

Alguns dos pontos que tornam esse tipo de energia tão importante nos últimos anos se deve ao fato de que a energia eólica não polui, é inesgotável e retarda o esgotamento dos combustíveis fósseis, ajudando a evitar as mudanças climáticas. Além disso, é uma das fontes mais baratas, podendo competir em rentabilidade com outras fontes tradicionais de energia, como usinas a carvão, usinas de combustível e até nuclear, se os custos de reparação dos danos ambientais forem considerados.

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as vantagens da utilização de Energia Eólica.

#### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

Descrever os sistemas de energia e transição energética.

Apresentar um estudo sobre energias renováveis.

Discutir a viabilidade da utilização de energia eólica.

### 1.2 JUSTIFICATIVA

A geração de energia sem processo de combustão ou sem etapa de transformação térmica é, do ponto de vista ambiental, um procedimento muito favorável, pois é limpo e livre de problemas de poluição. Além disso, os impactos causados pela extração de combustíveis, seu transporte e combustão são radicalmente suprimidos, o que é, sem dúvida, muito benéfico para a atmosfera. Além disso, evita a poluição envolvida no transporte de combustíveis: gás, óleo, diesel, carvão. Reduz o intenso tráfego marítimo e terrestre próximo às usinas. Elimina o risco de acidentes durante este transporte e uma série de outros aspectos (MELO, 2013).

## 2 VIABILIDADE TÉCNICA NA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 METODOLOGIA



Como metodologia, foi adotada a pesquisa bibliográfica, qualitativa e descritiva e, por isso, as ideias de diversos autores e pesquisadores que abordam o assunto serão investigadas. Em seguida, foi realizada uma síntese de suas ideias e, além disso, acrescentamos as nossas ideias, alinhando-as e apurando-as de acordo com os nossos objetivos.

Na pesquisa qualitativa objeto de estudo é o mundo do homem, produto do espírito humano, algo historicamente criado pelo homem. Por isso, o pesquisador e a realidade investigada nas ciências humanas não podem ser separados; ou positivamente dito, aqui se fundamenta a identidade sujeito, objeto, típico das ciências do homem. A partir deste ponto central, existem consequências metodológicas inevitáveis: a compreensão é o método apropriado para capturar um mundo intencional significativo (FONSECA, 2002).

Além disso, Gil (2008) afirma que o comportamento humano não pode ser compreendido sem referência aos significados, definições e propósitos de pessoas que enfrentam situações específicas em seu cotidiano. Tal situação de comportamento social só pode ser captada por informações qualitativas que permitam maiores possibilidades expressivas. Por isso, esta pesquisa foi desenvolvida a partir de uma perspectiva interpretativa abrangente, entendendo que o objetivo da pesquisa é compreender a peculiaridade da realidade de vida que envolve os professores e na qual estão imersos. Cabe esclarecer que compreensão é entendida neste trabalho investigativo como "captura interpretativa de sentido ou conexão de sentido".

Segundo Fonseca (2002) a análise qualitativa tem uma série de princípios:

- Exigem que o avaliador seja aquele que atribui significados, elabora resultados e os extrai.
- Os dados podem ser registados de diferentes formas, embora finalmente o avaliador qualitativo deva transcrever as informações de textos escritos com os quais terá de trabalhar posteriormente.
- A grande quantidade de informação obtida aliada à sua heterogeneidade serão possíveis problemas aos quais o avaliador deverá responder.
- Não deve ser entendido como um processo linear, mas sim como um processo cíclico, por vezes simultâneo, em qualquer caso interativo.

Segundo Gil (2008), a análise qualitativa envolve movimentos de vaivém entre conceitos concretos e abstratos, entre raciocínio indutivo e dedutivo, entre descrição e interpretação.



O método descritivo, utilizado nesta pesquisa, tenta descrever um fenômeno analisando sua estrutura e explorando as associações relativamente estáveis das características que o definem. Nesse sentido, é um método indutivo. Seu principal objetivo é conhecer as situações, costumes e atitudes prevalentes, por meio da descrição de atividades, objetos, processos e pessoas utilizando, para isso, técnicas de coleta de dados como observação ou levantamento (FONSECA, 2002).

## 2.2 VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

### 2.2.1 Legislação brasileira

As aquisições no mercado livre também podem ser feitas por meio de leilões, mas os consumidores livres não podem participar como compradores nos leilões das concessionárias reguladas. Isso significa que os consumidores livres podem organizar seus próprios processos de aquisição baseados em leilões, se quiserem. Por exemplo, em outubro de 2014, a Eletrosul, uma subsidiária da estatal Eletrobras que cobre os estados do sul do Brasil, leiloou como vendedora PPAs de 10 anos para 800MWh / ano de energia solar, com um preço mínimo de US \$ 114 / MWh.<sup>6, 7,8</sup> No nível subnacional, por exemplo, o Estado de Pernambuco conduziu um leilão apenas de energia solar para 122,8 MW no final de 2013 (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

O financiamento preferencial para projetos de energia renovável é fornecido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que oferece financiamento a juros baixos para projetos de energia renovável que atendam aos requisitos de conteúdo local. Com o tempo, os requisitos de conteúdo local para energias renováveis evoluíram de uma abordagem quantitativa (60% de conteúdo local) para uma abordagem qualitativa, com acesso a financiamento preferencial dependendo de quais elementos do projeto são locais. Por exemplo, no caso do PV, a metodologia de conteúdo local do BNDES inclui uma lista detalhada dos componentes do projeto, incluindo obrigatório, opcional e prêmio durante três períodos de tempo diferentes (2014-17, 2018-19, 2020- em diante). Para serem considerados “locais”, os fornecedores devem ser pré-credenciados pelo BNDES. Outro programa de financiamento do BNDES é o FINEM, que fornece apoio financeiro a projetos de



infraestrutura iguais ou superiores a R \$ 20 milhões (aproximadamente US \$ 7 milhões) (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

Os incentivos fiscais para energias renováveis incluem um regime geral para desenvolvimento de infraestrutura, isenções de impostos de importação e isenções de impostos estaduais (ICMS). Em 2007, a Lei 11488 criou um regime de incentivos fiscais para o desenvolvimento de infraestrutura, conhecido como REIDI, regulamentado pelo Decreto 6.144 de 2007 e Decreto 6.416 de 2008. Apenas projetos de eletricidade e cogeração de energia renovável são elegíveis. O benefício do REIDI requer a aprovação projeto a projeto, com as condições estabelecidas pela Portaria MME 274. Em 2011, o Decreto 7.660 previu isenções de impostos de importação para equipamentos de energia eólica, e fixou para equipamentos solares fotovoltaicos na faixa de 2% a 10%. 13 A legislação pendente (317/2013) prevê isenções de impostos de importação para equipamentos de geração de energia solar fotovoltaica, desde que não haja produção local equivalente. Em 2015, a Lei 13.097 concedeu isenção do imposto de importação (PIS / COFINS) para componentes de turbinas eólicas (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

A grande predominância de projetos adjudicados no Nordeste se justifica pelo fato de essa região representar cerca de 50% de todo o potencial eólico brasileiro. Porém, por meio de informações georreferenciadas da ANEEL, fica claro que a existência de uma disseminação de parques eólicos nessas áreas, distantes entre si, está impedindo a exploração plena dos recursos eólicos. Por questões técnicas e regulatórias, as unidades devem comprovar que não interferem nos estacionamentos próximos para obter a licença, obrigando os empresários a escolher áreas distantes para a construção de novas unidades. No longo prazo, o modelo atual proporcionará a existência de áreas inexploradas dessas unidades, e a energia eólica será desperdiçada (LOUREIRO, GORAYEB, BRANNSTROM, 2017).

### **2.2.2 Aerogerador**

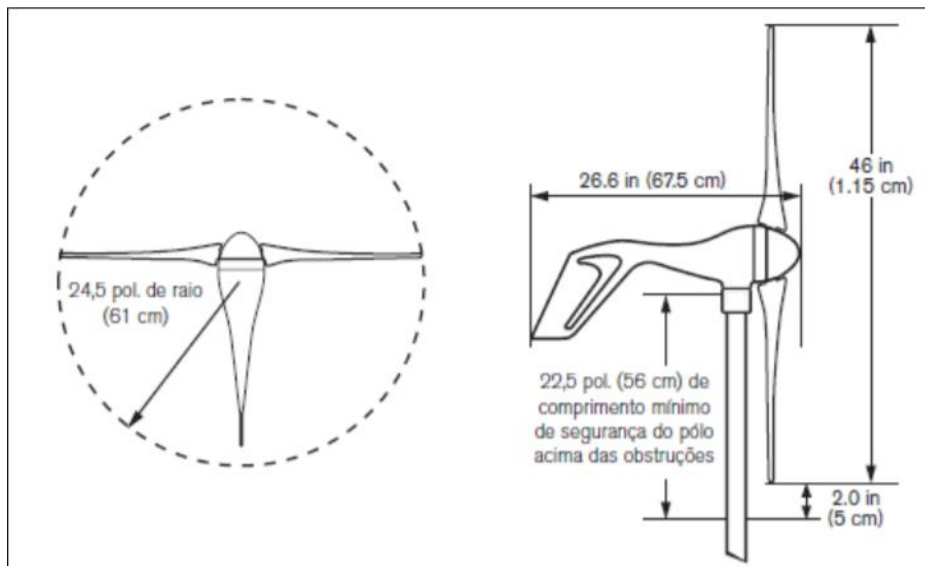
A partir dos requisitos iniciais de cada local, é necessário selecionar a melhor alternativa para poder atendê-los, alcançando um equilíbrio entre a topologia de controle ideal e o melhor tipo de máquina elétrica para esta aplicação. Para tomar essas decisões, era necessário levar em consideração fatores econômicos e técnicos. Para começar, deve-se considerar que um sistema com tão baixo consumo de energia



não apresentará um desempenho muito alto para fazer um grande investimento em seu projeto, que deve se caracterizar pela sua simplicidade e baixo preço. Para atingir este objetivo, será necessário realizar um estudo para encontrar a melhor combinação conversor-gerador que nos proporcione uma relação custo-benefício satisfatória (SIMAS, PACCA, 2013).

A Figura 1 mostra as partes de um aerogerador da marca Air Breze, e na Tabela 1 as especificações técnicas, que acredita-se representar a melhor opção para a implementação de um sistema de energia eólica em uma residência.

Figura 1: Especificações Técnicas do Air Breze



Fonte: BARP *et al* (2016).

Tabela 1: Especificações Técnicas do Air Breze

Item	Especificação
Modelo	Air Breze
Peso	6 Kg
Diâmetro do Rotor	1,17m
Velocidade do Vento no Arranque	2,7 m/s
Kilowatt Horas/mês	38 kWh/mês @ 12mph / 5,4 m/s velocidade média do vento
Velocidade Máxima do Vento	49,5 m/s
Potência Nominal	160 watts @ 28 mph / 12,5 m/s velocidade do vento
Certificações	CSA (certificado 1954979)
Gama de temperatura de Funcionamento	Air Breze é certificado sob os requisitos IEC aplicáveis a gama de temperatura -10°C a 40°C.

Fonte: BARP *et al* (2016).



A maioria dos conversores eletrônicos para aplicações eólicas é projetada para velocidades de 750 rpm a 1800 rpm. Já as turbinas eólicas são projetadas para operar na faixa de 20 rpm a 250 rpm. Portanto, nessas situações é necessário utilizar uma caixa multiplicadora entre a turbina e o gerador. Os geradores diretamente acoplados parecem ser uma alternativa poderosa com base em considerações econômicas e técnicas. Nos casos em que o uso do multiplicador é evitado, tanto o gerador quanto a turbina giram na mesma velocidade. As vantagens deste tipo de configuração apresentam as seguintes vantagens (FERREIRA, 2017): Alta eficiência geral do sistema; Alta confiabilidade e baixa manutenção; Baixo peso e volume; Preço baixo da eletricidade gerada; Simplicidade de design; Redução da emissão sonora criada por altas velocidades de rotação.

A frequência de saída normalmente é diferente da rede elétrica de 50 Hz, portanto, é necessário conectar um conversor de frequência aos terminais do gerador de baixa frequência. O conversor possibilita o uso das máquinas de forma que sua velocidade seja variável. A velocidade pode variar dentro de uma ampla faixa de velocidades dependendo das condições do vento das quais a turbina pode extrair a potência máxima em diferentes velocidades do vento (BARP *et al*, 2016).

### 2.2.3 Energia eólica residencial

Uma possível composição para sistema residencial, verificando os componentes disponíveis no mercado e levando em consideração projetar um sistema com maior segurança, pode-se optar por utilizar a chave IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) (RICOSTI, 2011).

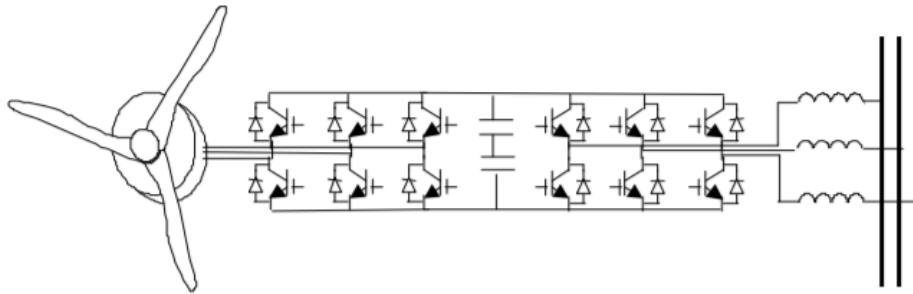
Após essas observações, pode-se perceber que, em relação ao gerador viável, temos duas opções: gerador de ímã permanente multipolar ou gerador de excitação de alta velocidade com multiplicador de velocidade. Ambas as opções seriam viáveis. O gerador de ímã permanente parece ser a melhor opção, pois evitaríamos o uso de caixa multiplicadora, além de não precisar de corrente de excitação e ser a opção mais eficiente. Mas o preço é o fator determinante para escolher a opção certa. A caixa multiplicadora representa um custo considerável e está sujeita a cargas dinâmicas pontuais devido, por exemplo, a rajadas. Por outro lado, a multiplicação implica perdas e precisa de manutenção (SIMAS; PACCA, 2013).

Em relação à topologia de controle, existem várias possibilidades: retificador



de diodo com chopper de levantamento, ponte retificadora e ponte inversora para IGBTs, ponte de diodo e ponte inversora para IGBTs, etc. Analisando cada uma das possibilidades (BARP *et al*, 2016), Figura 2 abaixo.

**Figura 2: Possível topologia do sistema eólico: topologia com gerador síncrono de ímã permanente (GSIP) com ponte retificadora e ponte inversora IGBT**



Fonte: BARP *et al* (2016).

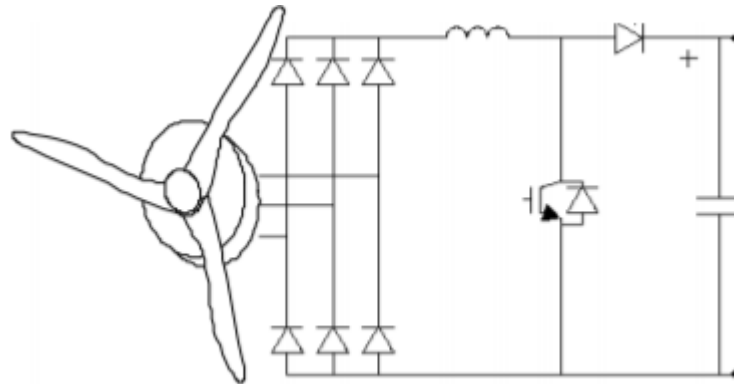
Esta topologia é a mais utilizada no caso de grandes turbinas eólicas, mas o custo desta opção seria alto para energia eólica residencial, devido ao grande número de IGBTs necessários para sua construção. Além disso, para a implementação desta topologia, seria necessário um sensor de posição ou, na sua falta, seria necessário fazer uma estimativa do mesmo no caso de utilização de gerador síncrono ou de velocidade no caso de utilização de gerador de indução. O preço desses sensores é muito alto se compararmos com a potência que eles nos fornecerão. Se tentássemos controlar esta topologia para obter a potência máxima sem o uso de sensores, o controle se tornaria muito complicado e seria necessário um Processador de Sinal Digital para controlá-lo, o que é um elemento de alto custo (RICOSTI, 2011).

A segunda opção possível é a seguinte, Figura 3 abaixo.





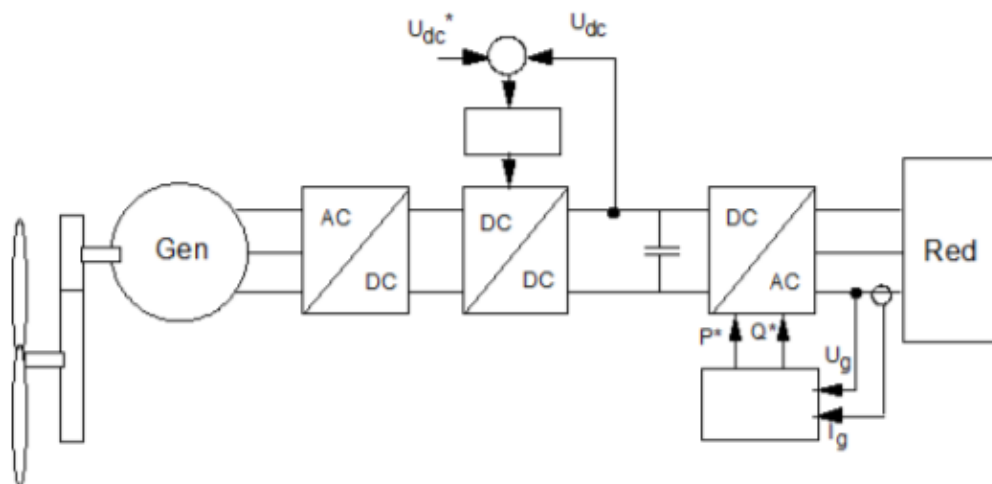
Figura 3: Segunda topologia de sistema possível: retificador de ponte de diodo mais topologia do chopper de reforço



Fonte: BARP *et al.* (2016).

Neste segundo caso, uma ponte retificadora de diodo é usada, seguida por um chopper de reforço e um inversor IGBT. Esta opção é mais econômica do ponto de vista eletrônico, pois o número de IGBTs é consideravelmente reduzido, substituindo o conversor CA / CC por um retificador de ponte de diodo simples e barato em vez de IGBTs; com isso, também economizamos o uso de sensores. O chopper mantém a tensão de entrada para o inversor constante (RICOSTI, 2011). No caso do gerador de ímã permanente, e para esta topologia, o esquema de controle seria, conforme Figura 4.

Figura 4: Esquema de controle do sistema com um gerador de excitação síncrono



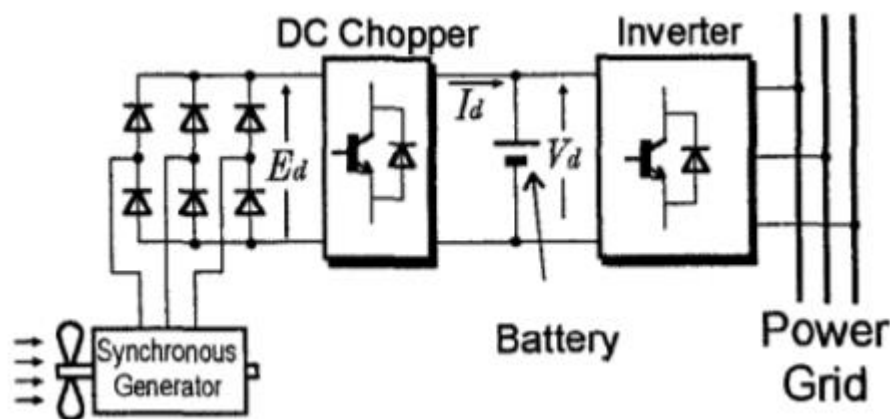
Fonte: BARP *et al.* (2016).

Escolheu-se um gerador síncrono de ímã permanente que utiliza em seu



modelo de potência de 1,5 kW. Com isso, o gerador para o projeto é escolhido juntamente com a topologia mais adequada. O sistema será conectado à rede trifásica de média tensão (400 V). Para isso, um retificador será colocado na saída do gerador seguido por um chopper cuja função será manter a tensão de entrada constante no inversor, que controlará a potência reativa injetada na rede, além de ser responsável por determinar o ponto de potência máxima do gerador. Para determinar este ponto, o que se fará é maximizar a corrente de entrada no inversor, pois conforme indicado anteriormente, o chopper fornece uma tensão constante na entrada do inversor. Para este tipo de turbinas, a eficiência de conversão costuma ficar em torno de 45%. A tensão na saída do chopper é praticamente constante, portanto, se forçarmos a corrente  $I_d$  a ter um valor máximo, será considerado o controle de potência máxima (BARP et al., 2016), de acordo com a Figura 5.

Figura 5: Esquema de controle do sistema com um gerador de ímã permanente



Fonte: BARP et al (2016).

Com base neste diagrama de blocos, as tarefas nas quais o projeto global foi dividido foram estabelecidas para a Coordenação e Integração do Sistema (RICOSTI, 2011):

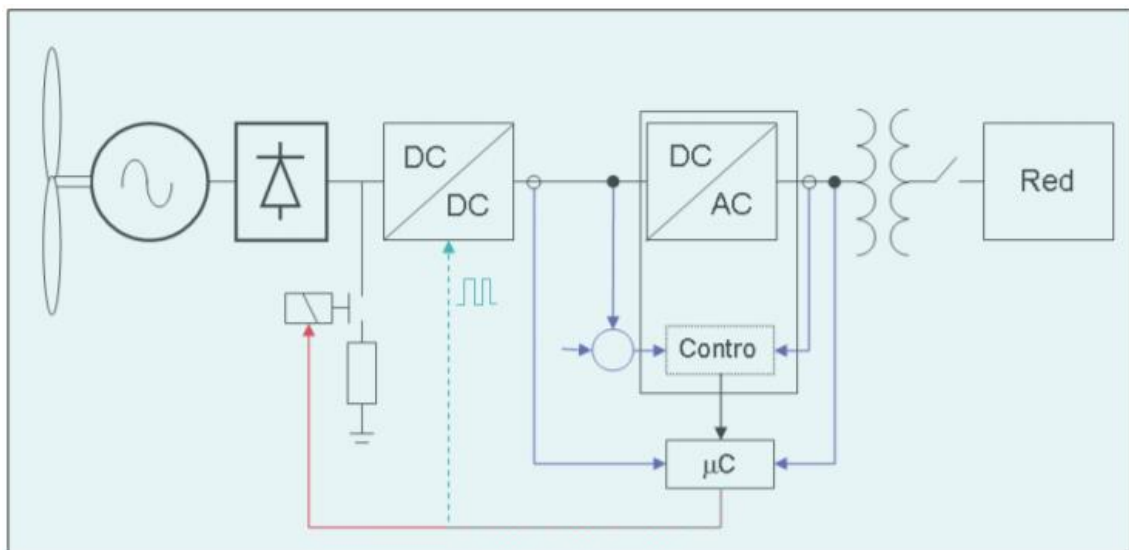
1. Projeto geral (conceitual) da instalação: filosofia, potência, avaliação do recurso eólico.
2. Descrição funcional dos diferentes subsistemas: gerador, retificador, conversor, inversor, controle, proteções.



3. Dimensionamento dos subsistemas:
  - i. Gerador Síncrono (Engenharia Reversa)
  - ii. Retificador (cálculo e especificações)
  - iii. Gabinete de controle e manobra (cálculo, especificações e pedido)
  - iv. Alimentação e conexão trifásica à rede
  - v. Suprimentos auxiliares (se aplicável)
4. Obras Civis.
5. Logística e compras

A Figura 6 abaixo mostra o escopo do projeto:

**Figura 6: Escopo do Projeto de Energia Eólica Residencial**

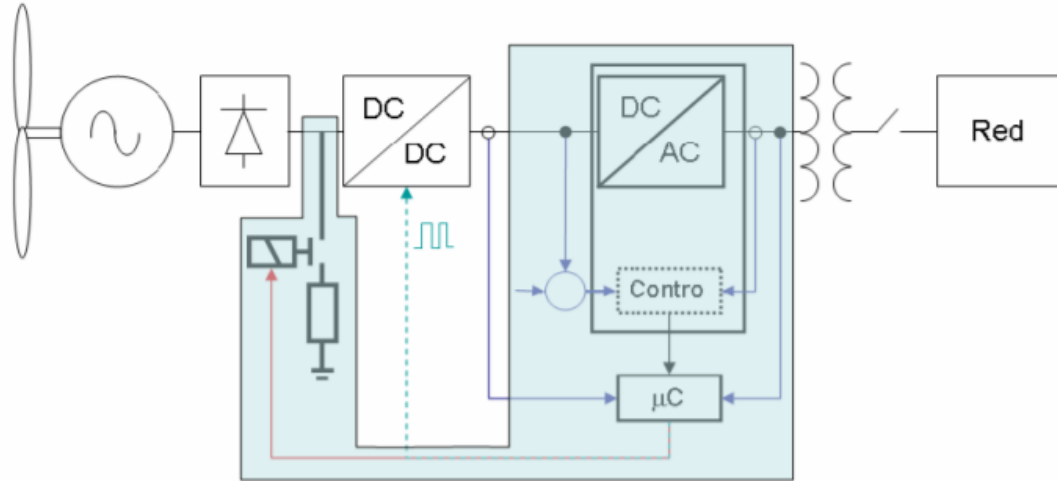


**Fonte:** LIRA (2019).

Simulação, seleção e comissionamento do inversor: Simulação geral do sistema; Simulação e Implementação em Simulink de controle vetorial; Dimensionamento do inversor (udc, limites operacionais); Comissionamento do inversor e circuitos adicionais (circuitos de controle, transformador); Controle de resistência de frenagem; Coordenação com o conversor DC / DC, sequência de partida (LIRA, 2019), Figura 7.



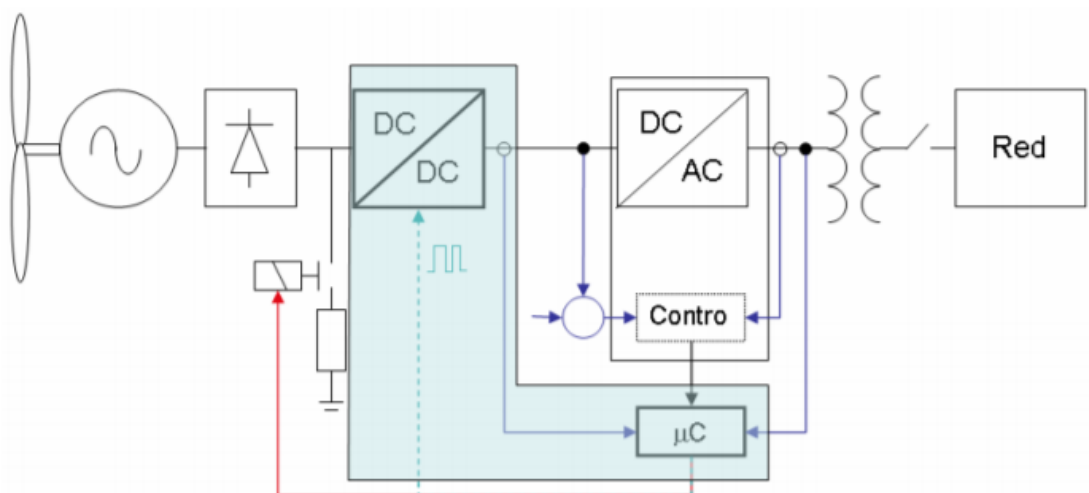
Figura 7: Escopo da tarefa de Simulação, Seleção e Comissionamento do inversor



Fonte: LIRA (2019).

Projeto, controle e comissionamento do Chopper: Projeto do estágio de conversão de energia DC / DC; Layout PCB; Seleção da unidade IGBT; Controle MPPT (corrente de saída máxima em  $U = \text{cte}$ ); Montagem e inicialização, Figura 8 abaixo.

Figura 8: Escopo da Tarefa de Projeto e Controle do Chopper



Fonte: LIRA (2019).

Ao instalar uma turbina eólica, é muito importante estimar o potencial



energético do local para calcular a possível previsão de produção a longo prazo. Esses estudos incluem todos os aspectos necessários para caracterizar e aproveitar ao máximo o potencial eólico de uma área. As etapas necessárias para a adequada caracterização do vento são (LIRA, 2019):

- Identificação e pesquisa de locais.
- Planejamento e condução de campanhas de medição.
- Análise e processamento de dados.
- Otimização e cálculos de energia.
- Verificação da adequação da turbina eólica às condições do local.
- Análise de incertezas.

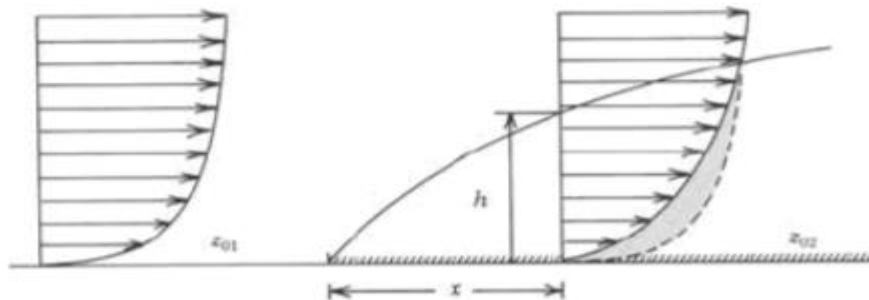
Os fatores mais relevantes ao realizar um estudo de localização são (LIRA, 2019):

**ASPEREZA DO SOLO:** O solo causa uma força de atrito que retarda o vento na superfície. Essa força depende do tipo de terreno.

**ESTABILIDADE ATMOSFÉRICA:** Dependendo da temperatura e do gradiente de pressão que ocorrem no local, podemos ter ambientes estáveis, instáveis ou neutros.

**VARIAÇÃO VERTICAL COM VELOCIDADE DO VENTO:** A velocidade do vento aumenta com a altura do vento geostrófico, conforme Figura 9.

**Figura 9: Variação vertical com velocidade e efeito de rugosidade**



Fonte: RISCOTI (2011).



Além destes fatores, que podem ser considerados globais, pois não variam em cada ponto do terreno, existem outros fatores locais que determinam a seleção final do local, que podem ser de origem térmica: brisas, ventos de vale e de encosta; Existem também fatores orográficos: obstáculos orográficos, que podem produzir acelerações-desacelerações, vales, canais de vento, barreiras ou efeitos de canto, etc. (BELLINI *et al*, 2017).

Levando esses fatores em consideração, o local ideal deve ser selecionado, os critérios de seleção que geralmente são levados em consideração são (LIRA, 2019):

- DE NATUREZA TÉCNICA:
  - Alta energia eólica
  - Direcionalidade do vento apropriada ao terreno
  - Ventos extremos e turbulência aceitável
  
- DE NATUREZA NÃO TÉCNICA:
  - Disponibilidade de evacuação a uma distância razoável
  - Disponibilidade de terra
  - Estrutura legal e regulatória adequada
  - Restrições ambientais

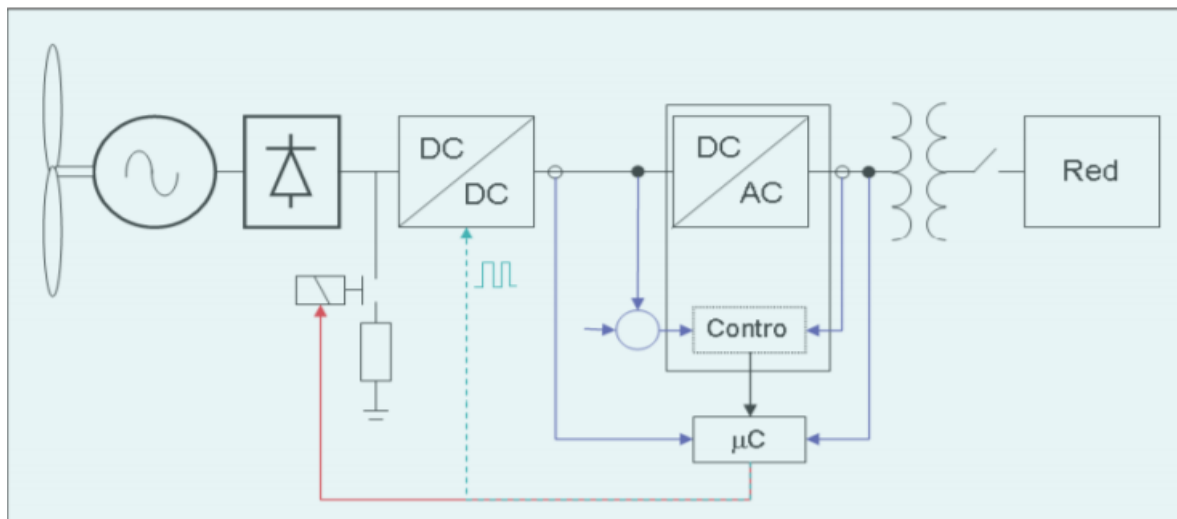
Uma vez que se tenha um terreno selecionado potencialmente adequado, é necessário realizar uma visita técnica ao local, a verificação técnica de que as características são as mesmas que as consideradas na seleção teórica, a verificação “in situ” das características que demonstram a existência ou não de vento no referido local, a delimitação de potenciais locais e a definição das campanhas de medição. Campanhas de medição são necessárias para caracterizar a variabilidade do vento, tanto espacial quanto temporal. Para que uma campanha de medição seja adequada, é necessário ter um grande número de medições e que estas tenham sido feitas em diferentes alturas (LIRA, 2019).

Para o caso particular deste projeto, as coisas são um pouco diferentes, pois não se trata de um grande parque eólico. A produção esperada do aerogerador não



será muito alta, já que conforme indicado acima, um aerogerador de pequeno porte tem uma eficiência bastante baixa, portanto não faz sentido fazer um grande investimento econômico na análise do local. Por outro lado, a mini-energia eólica costuma ser utilizada para abastecer residências particulares, portanto, nessas condições não é possível selecionar um local ideal para maximizar a produção do aerogerador, mas sim o que deverá ser instalado no terreno da propriedade que se deseja fornecer com energia eólica (BELLINI *et al.*, 2017), Figura 10 abaixo.

Figura 10: Esquema do sistema completo



Fonte: LIRA (2019).

O conjunto da turbina eólica, conforme indicado acima, é composto por dois subsistemas muito diferentes. Por um lado, temos o sistema mecânico que será constituído pela nacela ou invólucro, pelas lâminas, pelo travão mecânico e pelo cata-vento, além da torre e fundação. Por outro lado, temos o subsistema elétrico, do qual este projeto consiste no gerador elétrico, o conversor eletrônico de potência, formado por sua vez por um retificador (conversor CA / CC), um chopper (conversor CC / CC) e por um inversor (conversor DC / AC). Outro componente importante do sistema elétrico é a própria instalação elétrica, que consiste na seleção dos condutores, no projeto do unifilar e nas proteções elétricas, bem como no projeto do quadro elétrico onde estão colocados todos os subsistemas (BELLINI *et al.*, 2017).



### **2.2.4 Viabilidade Técnica e Econômica**

Segundo o fabricante (Wobben), o valor médio em investimento inicial para usinas de médio e grande porte (acima de 30MW) é de R\$4.200.000,00 por MW instalado. Este valor inclui o aerogerador, infra-estrutura civil e elétrica, tudo isso dependendo das características de cada empreendimento, devendo assim ser analisado caso a caso.

Incentivos que o governo federal tem dado para a energia eólica influenciaram em grande parte o crescimento da capacidade instalada no país. Administrado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA disponibiliza uma linha de crédito especial que financia até 70% do investimento. O financiamento considera um prazo de carência de seis meses após a operação comercial do empreendimento e um prazo de pagamentos de dez anos. Durante a construção do empreendimento não é feito o pagamento de juros. As condições do financiamento são 1,5% de spread de risco, acrescidos da TJLP e 2% ao ano.

Gonçalves (2007) observa que a instalação de uma usina eólica demanda cerca de 18 meses, o que torna esta modalidade de geração de energia altamente competitiva em relação a outros projetos de produção de energia elétrica, tanto alternativos quanto convencionais, que levam em média 24 meses para instalação. A Figura 11 mostra a instalação de uma grande unidade de geração de energia eólica sobre água (offshore).

**Figura 11: Instalação Real de uma Grande Unidade Aerogeradora Offshore**



**Fonte:** Google Imagens (2010)





Um dos obstáculos à geração de Energia Eólica apontados por especialistas é o custo de produção. Para solucionar o problema é sugerido a redução da carga tributária e aumento da geração. Como essa fonte não necessita de combustível, o preço da energia depende apenas do custo de instalação das estações geradoras. O presidente da Impsa Wind Power, Luis Perscamona, afirma que 10% do custo de geração advêm do transporte das peças para instalação das estações (CÂMARA, 2009).

Segundo a Associação Americana de Energia Eólica, o custo da energia eólica em escala pública foi reduzido drasticamente nas últimas duas décadas devido aos avanços tecnológicos e de projeto na produção e instalação da turbina. No início dos anos 80, a energia eólica custava cerca de US\$300 por MWh. Já em 2006, a energia eólica custava de US\$30 a 50 por MWh nas áreas de vento abundante. Quanto maior a regularidade dos ventos em uma determinada área de turbinas, menor o custo da eletricidade gerada pelas mesmas. Em média, o custo da energia eólica é de cerca de US\$40 a 100 por MWh, nos Estados Unidos.

Segundo a Matriz Energética Nacional (2007), o potencial eólico brasileiro tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com essa tecnologia. Existem hoje cerca de 5.300 MW em projetos eólicos autorizados pela ANEEL. Apesar da queda do custo unitário de investimento em razão da evolução rápida na curva de aprendizagem, o baixo fator de capacidade dessas centrais ainda faz com que o custo médio de geração se situe na faixa de 75 US\$/MWh, mesmo com o investimento por MW considerado a US\$1.200.000,00.

Considerou-se para custos de mão de obra para este investimento as informações fornecidas pelo fabricante dos equipamentos (WOBEN), ou seja, o valor de 1% do investimento inicial em equipamentos, o que totaliza R\$42.000,00 por MW instalado por ano. Também se considerou para custos de manutenção para este investimento as informações fornecidas pelo fabricante dos equipamentos (WOBEN), ou seja, o valor de 1% do investimento inicial em equipamentos (R\$42.000,00 por MW instalado por ano).

Devido ao fato da energia eólica ser 100% renovável, existem incentivos governamentais que favorecem um incremento no seu valor de comercialização. Enquanto para a energia comum o valor está em torno dos R\$134,00 por MWh, a



energia proveniente de parques eólicos atinge o patamar dos R\$200,00 por MWh (2009).

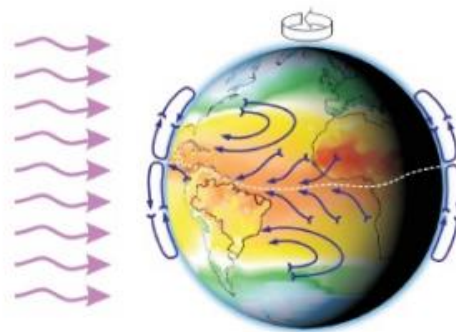
O projeto de implantação do parque eólico poderá ser realizado com apoio do PROINFA, sendo o consumidor primário a ELETROBRÁS, que adquirirá a energia e a comercializará por intermédio de um contrato firmado por um prazo de 20 anos, tempo necessário para amortização do investimento.

### **2.2.5 Viabilidade Técnica**

Para avaliação do potencial eólico de determinado local, é necessário o conhecimento prévio do regime de ventos no mesmo e os fatores que o influenciam. O vento é a principal característica da movimentação de ar existente na atmosfera e sua origem está diretamente relacionada às mudanças de pressão do ar, que por sua vez surgem termicamente através da radiação solar e das fases de aquecimento das massas de ar. Os ventos podem ser classificados em globais, de superfície e locais.

A Figura 12 mostra a distribuição geral dos ventos no planeta.

**Figura 12: Distribuição Geral dos Ventos**



**Fonte:** AMARANTE *et al*, (2001).

Os dados de velocidade dos ventos são, normalmente, medidos em um intervalo de tempo de 10 minutos por um aparelho chamado anemômetro. Os anemômetros são posicionados a uma altura mínima de 10 m acima do solo, onde os registros do vento são analisados estatisticamente. São fatores que influenciam a energia proveniente dos ventos: a densidade do ar e a área de varrimento do rotor. A energia cinética dos ventos depende da densidade do ar; então, quanto mais denso o



ar, maior a quantidade de energia receberá a turbina. A área de varrimento do rotor determina a quantidade de energia do vento que a turbina é capaz de captar, ou seja, quanto maior o raio da turbina, maior a captação de energia.

O Brasil apresenta ao longo do território diversas zonas de climas e regimes de circulação atmosférica. O relevo do país é composto por planícies com altitudes médias inferiores a 250 metros e os planaltos com altitude média entre 750 metros e 1000 metros. Aliado aos regimes pluviais, o relevo brasileiro é responsável pelo grande aproveitamento hidrelétrico como fonte geradora de energia elétrica. Um dos aspectos mais relevantes e positivos no aproveitamento de energia eólica e a complementaridade que esta possui com o regime pluvial do país. As médias climatológicas sazonais de precipitação e temperatura que ilustram os apresentam os tipos de clima e suas sazonalidades. A velocidade média sazonal de vento (a 50 m de altura) mostram essa complementaridade entre o potencial eólico e hídrico.

Alguns fatores são extremamente relevantes quando se realiza análise do potencial eólico de determinado local. São eles: a curva de potencia do aerogerador, o fator de capacidade, o fator de disponibilidade e, ainda, as condições topográficas e a rugosidade da superfície. A curva de potencia fornece dados sobre a potencia elétrica do aerogerador para uma dada velocidade de vento, com uma determinada massa específica do ar, mostrando o rendimento do sistema eólico de acordo com diferentes velocidades dos ventos (FERNANDES, 2012). Para começar a girar e se manter em movimento, o aerogerador precisa de uma potencia de vento suficiente para sobrepor o chamado torque de arranque. Após arrancar, a máquina pode precisar de uma velocidade ainda maior para começar a produzir eletricidade, devido ao fato do gerador elétrico necessitar atingir uma rotação mínima. Esta velocidade do vento é conhecida como velocidade de início de geração ou velocidade de partida. A partir da velocidade de partida, a potencia produzida pelo aerogerador aumenta até atingir o valor definido como potencia nominal, estando o gerador operando em velocidade nominal. Para ventos acima da velocidade nominal os sistemas de controle atuam, a fim de extrair somente a potencia nominal.



### 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

• Transmissão: o Brasil é um país grande. Isso, somado ao fato de o maior potencial eólico se encontrar nas regiões Nordeste e Sul do país, faz com que sejam necessários grandes investimentos em linhas de transmissão. As áreas mais ventosas ficam a 80-100 km da rede elétrica. Na maioria dos casos, os centros geradores estão localizados a 500 ou 1.000 km de distância da região sudeste, principal mercado consumidor. A situação começou a mudar lentamente após a publicação do Decreto 6.460, de 19 de maio de 2008, que trata das Instalações de Transmissão de Interesse Exclusivo das Usinas de Geração para Conexão Compartilhada (ICG). Os ICGs funcionam como estações coletoras de energia, conectando as usinas geradoras à rede básica do SIN (Sistema Interligado Nacional). Espera-se que isso reduza os preços da energia (MARTINS; GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

• Componente nacional: PROINFA (Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia) requer que pelo menos 60% do parque eólico contenha partes locais. Essas medidas de incentivo à indústria nacional são muito frequentes no mercado brasileiro. Assim, em dezembro de 2012, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) publicou as novas condições para o financiamento de parques eólicos, que também contêm medidas de fortalecimento da indústria local (CUNHA *et al.*, 2019):

- Fabricação das torres no Brasil, com no mínimo 70% do aço produzido no país ou concreto armado de origem nacional;
- Fabricação de lâminas no Brasil, em fábrica própria ou de terceiros;
- Montagem das nacelas (parte principal da turbina) em unidade nacional própria;
- A montagem do núcleo realizada no Brasil, com fundição de origem nacional.

• Legislação e Governo: falta de um marco regulatório claro que dê segurança aos investidores. É necessário definir um cronograma de longo prazo com a



quantidade de energia eólica que se deseja implementar. O governo federal deve garantir o acesso prioritário às energias renováveis e garantir sua compra a preços que remunerem o produtor (CUNHA *et al.*, 2019).

- Burocracia: os inúmeros procedimentos que devem ser passados para a obtenção de financiamentos, atendimento aos órgãos públicos, obtenção de licença ambiental e demais processos administrativos atrasam e encarecem os projetos (KASPARY; JUNG, 2015).

Dentre as barreiras econômicas e financeiras citadas, a insuficiência de instituições financeiras foi a menos frequente (24%), sendo que o BNDES sozinho não foi considerado suficiente para financiar empreendimentos eólicos em todo o país. À exceção da omissão do elevado custo de capital e das instituições financeiras insuficientes por parte dos fabricantes e administradores públicos, as três barreiras econômicas e financeiras foram mencionadas por todas as categorias de stakeholders. Nesta categoria, destaca-se que a inexistência de acesso adequado ao capital foi consensual entre os agentes de apoio e relatada pela grande maioria dos desenvolvedores e engenheiros e consultores (CUNHA *et al.*, 2019).

O ambiente macroeconômico instável vivido atualmente no Brasil foi a barreira institucional mais mencionada. A atual crise econômica foi considerada por 78% dos entrevistados como tendo afetado a implementação da WE, em quatro aspectos: demanda por novos parques eólicos, disponibilidade de financiamento, preços instáveis das turbinas eólicas e atrasos nos reforços da infraestrutura (RICOSTI, 2011).

A crise econômica resultou na redução da atividade industrial e comercial no país, o que conseqüentemente reduziu a demanda por energia elétrica e a necessidade de desenvolver mais parques eólicos. A desaceleração industrial e comercial limitou as principais fontes de receita fiscal, o que levou à redução da capacidade dos bancos públicos de desenvolvimento em conceder crédito, obrigando-os a restringir a participação acionária e aumentar as taxas de juros (BELLINI *et al.*, 2017).

A incerteza quanto à recuperação econômica tem causado frequentes oscilações no valor do real em relação ao dólar norte-americano, afetando os preços



dos contratos firmados com fabricantes de turbinas. Por fim, o investimento público para reforço da infraestrutura, especialmente os investimentos da rede de transmissão necessários com urgência para acomodar mais WE, também havia diminuído devido à redução da receita fiscal, o que, conseqüentemente, diminuiu a disponibilidade de recursos públicos para investimentos dessa magnitude (KASPARY; JUNG, 2015).

A resistência dos fabricantes de turbinas em cooperar também contribui para comprometer o sucesso da operação dos parques eólicos, principalmente no atual cenário nacional de baixa disponibilidade de pessoal qualificado e serviços de O&M, o que conseqüentemente afeta a disseminação de conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento da tecnologia eólica local. As informações desatualizadas sobre o potencial eólico, especialmente no Rio Grande do Norte e Ceará, também representam uma dificuldade para os desenvolvedores eólicos locais, que buscam identificar novos locais para a construção de parques eólicos (KASPARY, JUNG, 2015).

Entre as barreiras econômicas e financeiras, o atual alto custo de capital e a baixa participação acionária, associados a um histórico de atrasos na transferência dos empréstimos, têm indiscutivelmente tornado pouco atraente o investimento em novos parques eólicos no país. Empréstimos financeiros atraentes são essenciais para lidar com os altos custos iniciais exigidos pela implementação de parques eólicos, e sua disponibilidade é importante para acelerar as FER. Apesar de ser o maior banco público de desenvolvimento, com uma capacidade de investimento extremamente grande, o BNDES sozinho tem sido considerado operacionalmente incapaz de apoiar a crescente implantação de parques eólicos onshore em todo o país (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

Com relação às barreiras institucionais, o atual ambiente macroeconômico instável no Brasil, que é uma barreira geral ao desenvolvimento econômico nacional, pode ser considerado a principal barreira para a implementação de parques eólicos no país recentemente. A crise econômica vivida nacionalmente diminuiu a capacidade do governo de oferecer empréstimos competitivos aos desenvolvedores eólicos, realizar investimentos para reforçar a infraestrutura de transmissão crítica existente, bem como manter o valor da moeda local estável em relação ao dólar americano (BELLINI *et al*, 2017).



Os efeitos da crise têm um impacto negativo nos novos projetos de parques eólicos, que requerem principalmente empréstimos e linhas de transmissão, bem como nos parques eólicos existentes, que necessitam fundamentalmente de uma moeda local valorizada e estável em relação ao dólar norte-americano. Para pagar aos fabricantes de turbinas eólicas dentro de seus orçamentos. Como os contratos de fornecimento de turbinas são normalmente estabelecidos em euros ou dólares americanos, se a moeda local flutuar drasticamente, a lucratividade dos parques eólicos pode ser comprometida. É importante reconhecer que apenas os aerogeradores e equipamentos respondem por mais de 70% do custo total de um parque eólico (RICOSTI, 2011).

Acima de tudo, a crise em curso afetou a demanda por energia elétrica, causando uma redução nos leilões e, conseqüentemente, no desenvolvimento de novos parques eólicos em todo o país. Os leilões são planejados com base nas projeções de demanda de curto prazo informadas pelas distribuidoras de energia elétrica do estado, por meio do governo federal. Nessas projeções, os varejistas vêm adotando uma postura conservadora, e não consideram uma potencial recuperação do crescimento econômico e, conseqüentemente, do consumo de energia elétrica, que reverta o efeito da recente crise econômica de 2014 na ocorrência dos leilões da WE (RICOSTI, 2011).

Além do impacto da crise econômica no mercado regulado e da frequência dos leilões, os consumidores de energia elétrica no mercado livre (geralmente grandes empresas industriais e varejistas), uma alternativa crescente para os empreendedores eólicos estabelecerem PPAs, têm resistido a médio-longo contratos de fornecimento de energia elétrica a prazo em um período de recessão econômica, levando a um aumento na incerteza de receita (KASPARY; JUNG, 2015).

Além disso, a implantação de parques eólicos onshore no país pode ser estimulada pela flexibilização da atual legislação do mercado livre de energia elétrica (ANEEL, 2018a), a saber: diminuindo o limite de potência contratual (atualmente 500 kW), de forma a oferecer aos consumidores que requerem menos energia, em particular as pequenas e médias empresas (PMEs) brasileiras, a chance de comprar eletricidade direto de parques eólicos a tarifas mais competitivas; e incentivando grandes empresas a construir seus próprios parques eólicos, tornando-se autoprodutores e vendendo o excedente de geração no mercado livre (como no caso pioneiro da Honda Motors no Brasil), ajudando a consolidar esse mercado à medida



que mais parques eólicos são implantados (LOUREIRO; GORAYEB; BRANNSTROM, 2017).

Foram apresentados pontos positivos na utilização dessa matriz energética e pontos que requerem atenção, principalmente os impactos relacionados ao meio ambiente. Sabemos que existem problemas e muitos desafios pela frente. Sobre a interrupção e dinâmica ambiental e ecológica local de dunas de areia que se modificam com a instalação de parques eólicos. Ele acrescenta que a atividade deve ter uma preocupação maior com métodos e procedimentos pelos quais os impactos ambientais possam ser minimizados (SIMAS; PACCA, 2013).

A ABEEólica reforça que as perdas são de atividade mínima, frente aos avanços e benefícios tecnológicos para o país e que toda a empresa só é contratada sob licença ambiental. Esse tipo de estudo é fundamental para o desenvolvimento social e econômico do Brasil, pois, embora existam programas governamentais de fomento à energia eólica, ainda são modestos em relação ao potencial eólico do país (RICOSTI, 2011).

A análise da literatura existente nos expõe à natureza instável e incontrolável da energia eólica. Torna-se uma nova fonte no planejamento da expansão do sistema elétrico brasileiro, um potencial de exploração que oferece energia ambientalmente sustentável e suficiente para atender a demanda esperada nas próximas décadas. Por não emitir dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, possui um balanço energético muito favorável e seu impacto ambiental é muito menor se comparado à energia proveniente de combustíveis fósseis (petróleo), que causa grande impacto ambiental por produzir emissões de gases que, além de poluentes, destruindo ecossistemas (BELLINI *et al*, 2017).

Sua utilização é promissora e os fatores que permitem um horizonte de crescimento virtuoso desta fonte natural de energia renovável baseiam-se em um ativo que possui pais que são os melhores do mundo para a produção eólica dos ventos, além disso, considerando que o origem O vento ainda é muito novo no mundo, existem oportunidades de melhorias e inovações tecnológicas que contribuem para a redução dos custos de produção, consolidando a energia como viável, contribuindo com o país no desenvolvimento econômico e social, levando em consideração o meio ambiente e sua sustentabilidade (SIMAS; PACCA, 2013).





### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Políticas agressivas do governo nacional são necessárias para incentivar esse tipo de projetos com regulamentações que reduzam e subsidiem o valor tanto da compra dos equipamentos quanto da infraestrutura e do início dos projetos (tecnologias). Considerando o protocolo de Quioto onde foi referido a importância de destacar que a energia eólica é uma excelente opção para a implementação de políticas de mitigação de gases responsáveis pelas alterações climáticas, produto da queima de combustíveis fósseis. Dirigir-se a entidades internacionais como o BID (Banco Internacional de Desenvolvimento), países desenvolvidos e organizações da União Europeia que, por sua vasta experiência no uso deste tipo de energia, promovem o desenvolvimento desses projetos e também dão a possibilidade de tolerar parte da dívida sob uma série de condições, como reinvestir parte dos lucros na melhoria do aspecto social da comunidade.

Hoje em dia, novos métodos estão sendo utilizados para o estudo econômico da viabilidade de projetos como este, que consideram uma série de fatores e outras opções reais, que sob certas considerações e com uma mentalidade otimista dão números positivos e tornam este tipo de projeto mais viável. Outra possibilidade de implantação de parques eólicos em nosso país é projetá-los de forma que possam ser realizados em etapas e expandir sua capacidade ano após ano até atingir a capacidade total desejada, investindo recursos para a instalação de novas eólicas turbinas com mudanças mínimas na infraestrutura.

Uma mudança drástica de mentalidade que nos permite ver que a verdadeira riqueza das fontes renováveis de energia não está apenas no valor econômico, mas também no imenso contributo que se dá à conservação do meio ambiente e, portanto, à saúde dos seres vivos. A energia eólica é uma excelente opção para aplicações específicas, especialmente em geografias que cumprem os requisitos em termos dos aspectos acima mencionados, como a velocidade e a constância dos ventos.

Como se sabe, é um fato inegável e é que, infelizmente, a cada dia somos mais e por isso toda política bem concebida visa o bem-estar da população. Bem estar implica mais e melhores empregos, mais e melhor acesso à educação, saúde, tecnologias e tudo isso leva a um maior consumo de energia elétrica, razão pela qual o Brasil, ciente do acima exposto, vem promovendo relevantes ferramentas de informação e proporcionando espaços para discussão, para identificar as



possibilidades e os passos que devem ser seguidos para viabilizar o desenvolvimento das Energias Renováveis no Sistema Interligado Nacional do Brasil, demonstrando assim seu compromisso com o meio ambiente e sua importância.

## REFERÊNCIAS

BARP, José Luiz et al. Estudo sobre gerador eólico de pequeno porte. **Business and Management Review**, v. 5, n.10, p. 21 – 30, aug. 2016.

BELLINI, Denis *et al.* Energia eólica: desenvolvimento de geração de energia sustentável. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 205-223, 2017.

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, 2019.

FERREIRA, Rodrygo Marlon Pires. **Estudo e projeto teórico de viabilidade econômica de um gerador eólico de baixo custo**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FETT, Felipe Mendes. **Viabilidade financeira de projeto de um gerador eólico em minigeração distribuída**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Energias Renováveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

GARBE, Ernesto Augusto; MELLO, Renato de; TOMASELLI, Ivan. **Projeto conceitual e análise de viabilidade econômica de unidade de geração de energia elétrica eólica na Lagoa dos Patos – RS**. Disponível em: [https://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade\\_energia\\_eolica.htm](https://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm). Acesso em: 25 ago. 2020

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOLDEMBERG, José. Atualidade e perspectivas no uso de biomassa para geração de energia. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 15-28, 2016.

KASPARY, Rosane Maria; JUNG, Carlos Fernando. Energia eólica no Brasil: uma análise das vantagens e desvantagens. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. 2015.

LIRA, Adriano Gouveia. **Energia eólica: princípios e operação**. São Paulo: Saraiva Educação SA, 2019.

LOUREIRO, Caroline Vitor; GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian. Análise comparativa de políticas de implantação e resultados sociais da energia eólica no



Brasil e nos Estados Unidos. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 40, p. 231-247, 2017.

MACHADO, C.; MIRANDA, F. Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**. Niterói, RJ, v. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

MELO, Elbia. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 125-142, 2013.

MONTICELLI, Alcir José; GARCIA, Ariovaldo. **Introdução a sistemas de energia elétrica**. Ed Unicamp, 1999.

RICOSTI, Juliana Ferrari Chade. **Inserção da energia eólica no sistema hidrotérmico brasileiro**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SALLES, Maurício Barbosa de Camargo. **Modelagem e análises de geradores eólicos de velocidade variável conectados em sistemas de energia elétrica**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SIMAS, Moana Silva. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

SILVEIRA, Cristiano da Silva. **Estudo de máximo carregamento em sistemas de energia elétrica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2003.

SIQUEIRA, Arthur MQ; SANTOS, Pedro Alvim A. Estudo de um sistema eólico de geração distribuída para uma residência. Encontros Nacionais de Engenharia e Desenvolvimento Social. **Anais [...]**, v. 13, n. 1, 2016. ISSN 2594-70.