

# Engenharia Elétrica

## Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico

**Organizadora**

Livia da Silva Oliveira  
José Roberto Lira Pinto Júnior



Editora Poisson

VOLUME  
**4**

Livia da Silva Oliveira  
José Roberto Lira Pinto Júnior  
(Organizadores)

# Engenharia Elétrica

## Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico - Volume 4

1ª Edição

Belo Horizonte  
Editora Poisson  
2023

**Editor Chefe:** Dr. Darly Fernando Andrade

**Conselho Editorial**

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais  
Ms. Davilson Eduardo Andrade  
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas  
Msc. Fabiane dos Santos  
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia  
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais  
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC  
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy  
Dra. - Suelânia Cristina Gonzaga de Figueiredo - (Centro Universitário FAMETRO)  
Ms. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

**Comitê Científico**

Profa. Dra. Francimeire Gomes Pinheiro (Centro Universitário FAMETRO)  
Profa. Dra. Alexandra Priscilla Tregue (Centro Universitário FAMETRO)  
Prof. Esp. Marcus Tulio Alves (Marinha do Brasil)  
Prof. Me. Fabrício de Amorim Rodrigues (Centro Universitário FAMETRO)  
Prof. Esp. Aristeu Souza da Fonseca (Centro Universitário FAMETRO)  
Prof. Me. Mauro Cezar Aparício de Souza (Centro Universitário FAMETRO)  
Prof. Esp. Patrick Hozannah de Albuquerque (Centro Universitário FAMETRO)  
Prof Me. Glaucivan Barroso da Cunha (Centro Universitário FAMETRO)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E57

Engenharia elétrica: Pesquisa Científica no Contexto Acadêmico - Volume 4/ Organização: Livia da Silva Oliveira; José Roberto Lira Pinto Júnior - Belo Horizonte MG: Editora Poisson, 2023

Formato: PDF

ISBN: 978-65-5866-285-3

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

1. Engenharia Elétrica 2. Pesquisa científica  
3. Tecnologia I. OLIVEIRA, Livia da Silva II. PINTO JÚNIOR José Roberto Lira III. Título

CDD-620

Sônia Márcia Soares de Moura - CRB 6/1896



O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.

Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterada.

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

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)

# *Organizadores*

## **Livia da Silva Oliveira**

Licenciada em Física pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Atualmente é coordenadora do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário FAMETRO. Atua no ensino superior desde 2011, como docente nos cursos de Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica.

## **José Roberto Lira Pinto Júnior**

Graduação em Tecnologia em Sistemas Eletrônico pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (2011). Bacharel em Administração, Especialista em Engenharia da Produção pela Universidade Estácio de Sá (RJ), Especialista em Engenharia da Qualidade pela Universidade Estácio de Sá (RJ); Especialista em Gestão Industrial (PE), Especialista em Didática do Ensino Superior (AM); Supply Chain e Logística Empresarial; Mestrado em Engenharia Industrial pela Universidade do Minho (Portugal). Revalidado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutorando em Ciências Empresariais e Sociais pela Universidade UCES. E atualmente professor de Graduação e Pós Graduação das principais universidades do Amazonas: Atualmente Docente do Instituto Metropolitano de Ensino - IME; Consultor e Palestrante nas áreas de Gestão de Produção Industrial e Qualidade, Auditor Líder de Qualidade BUREAU VERITAS - IRCA. Realizou intercâmbio na escola The Language Gallery, Toronto, Canadá.

# *Prefácio*

Bem-vindo ao nosso quarto e-book de Engenharia Elétrica! Este livro tem como objetivo fornecer uma visão geral abrangente dos princípios fundamentais da engenharia elétrica, com ênfase em sua aplicação prática. A engenharia elétrica é um campo vasto e em constante evolução, e esperamos que este livro possa ajudar a fornecer uma base sólida para aqueles que estão começando suas carreiras nessa área.

Ao longo do livro, exploraremos conceitos fundamentais, como circuitos elétricos, eletrônica, sistemas de controle, teoria eletromagnética e muito mais. Também discutiremos as últimas tendências e tecnologias em engenharia elétrica, incluindo a Internet das Coisas (IoT), energia renovável, robótica e automação.

Este livro é destinado a estudantes de engenharia elétrica, engenheiros recém-formados ou profissionais experientes que buscam atualizar seus conhecimentos. Ele também pode ser útil para outros profissionais que trabalham em campos relacionados, como engenharia mecânica, engenharia de computação e ciência da computação.

Esperamos que este e-book seja informativo e útil para você. Se você tiver alguma dúvida ou comentário, não hesite em entrar em contato conosco. Boa leitura!

*Prof<sup>a</sup> Me. Livia da Silva Oliveira  
Coordenadora de Engenharia Elétrica  
Centro Universitário FAMETRO*

# SUMÁRIO

**Capítulo 1:** Desenvolvimento de um aplicativo para consumo consciente de energia elétrica ..... 09

Ana Carolina Grana Araújo, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.01

**Capítulo 2:** Sistema de automatização para a piscicultura utilizando IOT ..... 16

Ana Mirly Bentes da Costa, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.02

**Capítulo 3:** Impactos do uso da lâmpada led em no consumo de energia de apartamentos residenciais..... 23

Ana Paula Pinheiro Saraiva, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.03

**Capítulo 4:** Encapsulamento do substrato para manufatura do BGA-Ball Grid Array: Controle de buracos externos durante o encapsulamento do BGA ..... 31

Anderson Correa da Silva, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.04

**Capítulo 5:** Retrofit de painéis elétricos de bombas, na Estação de Tratamento de Efluentes Industrial (ETEI) em uma empresa industriais do polo industrial de Manaus-AM..... 42

Anderson Mores Queiroz, Arthur Rodrigo do Nascimento Silva, Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.05

**Capítulo 6:** Automação residencial para monitoramento de gás por meio do microcontrolador ESP 32 e IOT ..... 50

Matheus dos Santos Bittencourt, Luciana Maria Margoti

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.06

**Capítulo 7:** Proposta de redução de falhas em motores industriais através da interligação de rede de comunicação PROFIBUS ..... 57

Arthur Rodrigo do Nascimento Silva, Anderson Mores Queiroz, Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira

**DOI:** 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.07

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 8:</b> Avaliação do impacto de veículos elétricos na rede elétrica de uma subestação de Manaus-AM .....	63
<i>Cristiano Vieira Vidal, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.08	
<b>Capítulo 9:</b> Redução de desperdício de componente na máquina de SMT .....	72
<i>Danielle Pinheiro de Souza, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.09	
<b>Capítulo 10:</b> Implementação de um programa de controle de descarga eletrostática baseado na norma ANSI/ESD S20.20-2014 para atendimento do cliente em uma empresa industrial do Polo Industrial de Manaus-AM .....	82
<i>Diego Guimarães Biasuz, Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.10	
<b>Capítulo 11:</b> Sistema fotovoltaico flutuante: Uma abordagem de alta performance com ganho de produtividade de geração e maior durabilidade dos sistemas .....	92
<i>Dilkson Vila Nova Gomes, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.11	
<b>Capítulo 12:</b> Melhoria da rede de transmissão de energia elétrica da zona rural do município de Iranduba da Comunidade do Açutuba-AM.....	109
<i>Eline Franco Sousa, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.12	
<b>Capítulo 13:</b> Eficiência energética para iluminação de área externa de condomínio residencial.....	114
<i>Ely Fernandes de Brito, Livia da Silvia Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.13	
<b>Capítulo 14:</b> Iluminação de ambientes de trabalho: Um estudo de caso em escritório de projetos de engenharia.....	120
<i>Fabiano Duarte de Oliveira, Livia da Silva Oliveira</i>	
<b>DOI:</b> 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.14	

# SUMÁRIO

**Capítulo 15:** Sistema sensorial para monitoração de nobreaks de equipamentos eletrônicos de linhas de produção ..... 129

Fábio Menezes de Oliveira, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.15

**Capítulo 16:** Redução de defeitos em um processo de PTH em montagem de placa de circuito impresso ..... 136

Geibson de Souza Bezerra, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.16

**Capítulo 17:** Proposta de desenvolvimento de sistema de energia fotovoltaico como alternativa sustentável para aplicação em uma empresa de pequeno porte em Manaus-AM ..... 145

Gerinaldo Lima Neto, Alexander da Silva Batista, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.17

**Capítulo 18:** Implementação do sistema de bloqueio através de loto em manutenções de baixa e alta voltagem em uma petroquímica na cidade de Manaus-AM ..... 157

Glendson Menezes de Oliveira, Livia da Silva Oliveira, Renato Rodrigues da Silva, Kate Suellen Gemaque Mota

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.18

**Capítulo 19:** Sistema de automação de caixas d' água de residencial via CLP ..... 166

Janderson Barbosa Maciel, Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.19

**Capítulo 20:** Reduzir o refugo de placas de circuito impresso através de alteração da especificação da abertura do estêncil de impressão de pasta de solda ..... 172

Jonatha Evangelista da Silva, Livia da Silva Oliveira

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.20

**Capítulo 21:** UPS - Uninterruptible Power Supply: Sistema de alimentação secundária de energia elétrica para alimentação ininterrupta em processo produtivo de máquina CNC, assegurando qualidade e segurança do equipamento ..... 182

Kate Suellen Gemaque Mota, Livia da Silva Oliveira, Diego Guimarães Biasuz, Allan José da Silva Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-285-3.CAP.21



# Capítulo 1

## *Desenvolvimento de um aplicativo para consumo consciente de energia elétrica*

*Ana Carolina Grana Araújo*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** Este trabalho teve como objetivo desenvolver um protótipo de monitoramento de consumo de energia elétrica, através de um aplicativo Android, para auxiliar no controle e uso devido de energia elétrica. Para isso, foram feitas leituras no medidor de energia. Pois, ter conhecimento do seu gasto energético e das ações que realmente vão trazer impacto ao consumo de energia é fundamental para o setor residencial brasileiro. Sendo avaliado a usabilidade do aplicativo desenvolvido através da Scale Usability Score (SUS), aplicando o método de forma a satisfazer os pilares no qual foi desenvolvido, que tem como premissa atender as necessidades do usuário. Outro método aplicado foi a heurística de Nielsen, que integrado ao SUS, tornou mais estruturado a avaliação. O app também sofreu comparações com trabalhos de mesmo vies.

**Palavras-chave:** Monitoramento de consumo de energia; aplicativo android; Java.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia é atualmente indispensável ao cotidiano que a espécie humana criou para si, e em sua busca contínua de evoluir tenta descobrir novas formas de consegui-la tentando perpetuar a cadeia criada, pois este recurso se tornou fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da maioria, assim como para a propagação do estilo de vida dito moderno.

É justamente a energia a força motriz por trás de todos os avanços que diferencia e qualifica um centro urbano de outro. Quem não tem acesso a esse recurso geralmente se encontra em regiões precárias ou com condições de infraestrutura deficientes. Porém, mesmo em regiões onde existe tal acesso, as pessoas têm dificuldade de entender e controlar os gastos financeiros durante seu uso.

No Brasil a matriz energética é predominantemente de fonte hídrica, sendo 53,4% delas de oferta interna e 78,1% dessas fontes são consideradas renováveis (Balanço Energético Nacional,2022), porém é justamente isso que torna o país exposto às variações climáticas, e causa restrições de consumo através de tarifas monetárias. Em períodos como esse, ou em período de recessão financeira, ou epidêmicos, que a população em geral busca de forma predominantemente empírica, informação sobre consumo de energia. Já que para suprir a demanda existente que cada vez mais cresce,por exemplo, no ano de 2021 progrediu 5,7%(BEN,2022), muitas vezes é necessário se apoiar em fontes não renováveis, pois sua capacidade instalada é maior, entretanto demasiadamente custosa.

Para entender esse cenário é necessário ponderar algumas informações, a primeira é o consumo de eletricidade, segundo o BEN(2022), os setores industrial, residencial e comercial consomem 79% da energia elétrica, sendo 26,4 % apenas o residencial, perdendo para o industrial por 11%. A segunda é que a capacidade total instalada de geração, ela teve um acréscimo 6.873MW alcançando um total de 181,610MW, entretanto 53% desse aumento são a partir de centrais eólicas, e não está incluso nessa conta mini e microgeração, que vem ganhando destaque através da energia solar com 8.771MW de potência instalada(BEN,2022). O terceiro ponto a ser analisado é o custo de energia, que de acordo com a Ministério de Minas e Energia (2022), para ser estimado é necessário levar em consideração os seguintes custos: energia comprada, transporte de energia até as unidades consumidoras (transmissão e distribuição) e encargos setoriais. Nesses encargos setoriais que entram bandeiras tarifárias(que representa o custo real de geração, informando as condições de geração de energia) e as tarifas dos Governos Federal, Estadual e Municipais(PIS/COFINS, contribuição de iluminação pública e o ICMS - único que varia de acordo com o estado e sozinho pode representar 30% do valor do cota de energia). Mas ainda se tem, segundo a Agência Nacional de Energia(2022), uma modalidade tarifária, que são as diferentes Horárias, os consumidores de baixa tensão (classes residenciais), entram na Horário Branca, que seria uma tarifa diferenciada, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários).

Quando mais é aprofundado a busca de informações, mais é perceptível que mesmo vivendo na era da internet, muitas delas ainda não são bem difundidas pelo grande público, e as pessoa muitas vezes ignoram a relevância de fontes seguras, e desta forma que em 2017 o dicionário britânico Collins, elegeu o termo fake news a palavra do ano (BBC, 2017). Porém, ações simples podem ajudar a população geral a diminuir e entender suas contas, como por exemplo, a explanação do conhecimento de quais eletrodomésticos que mais consomem energia e estariam influenciando a energia comprada, ou alguns dos

outros pontos citados acima com mais detalhamento. Embasado neste contexto, este trabalho tem o objetivo de propor o controle e ensino de pequenas práticas que podem influenciar o consumidor a decidir quais medidas são de fato mais eficientes no controle energético.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Ao desenvolver este é realizada uma revisão bibliográfica, com a utilização de diversas fontes como livros, artigos, revistas e similares. Assim, como também foi realizado o desenvolvimento de um aplicativo para monitorar o consumo de energia e dar dicas aos usuários de formas de entender os gastos energéticos e como diminuí-los.

Para iniciar o desenvolvimento de um aplicativo em android é necessário primeiro ter instalado a Máquina Virtual Java, como pré-requisito para introduzir o Android SDK, que possui o kit de desenvolvimento (SDK - Software Development Kit) utilizado criação deste aplicativo, o mesmo já vem agregado ao ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do Android Studio, que como USE MOBILE(2022) cita, possui bibliotecas, códigos de exemplo, depuradores, compiladores, API (Application Programming Interface), e outros que auxiliam a manipulação de arquivos necessários a construção de um app. Assim, é possível afirmar que o SDK permite que o desenvolvedor possa ter acesso a API, que é justamente quem faz a integração se utilizando do código escrito no IDE.

Neste caso os códigos fonte de funcionamento foram escritos na IDE utilizam da sintaxe e das bibliotecas da linguagem de programação Java, e os layouts que dão a estrutura da interface do usuário foram escritos em XML, já o compilador usado foi o Gradle.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo construído foi desenvolvido para funcionar em aparelhos android e teve como objetivo ajudar o usuário a entender sua conta de energia e controlá-la, através do monitoramento diário de seus gastos. Para decidir e entender se o mesmo conseguiu atender as necessidades do usuário para o qual foram criadas, foi necessário aplicar o modelo System Usability Scale(SUS), que segundo a UXDESIGN(2022) é o método mais simples deste tipo de averiguação. Ele foi criado por John Brooke em 1986 e descrito dez anos mais tarde no livro Usability Evaluation in Industry (Jordan,1996).

O SUS possui 3 pilares, sendo eles a efetividade, a eficiência e a satisfação, que são se o usuário consegue completar seu objetivo, o quanto de esforço e recurso é necessário para isso e se a experiência foi satisfatória. Os tais são desenvolvidos por intermédio de 10 questões, cujo respostas deveram ser fornecidas através da escala Likert de 1 a 5, sendo o 1 discordo totalmente e o 5 concordo totalmente. Nelas as questões pares servem de contraponto as questões ímpares, verificando se de fato o usuário está lendo as questões, como mostra a Figura 1.

**Figura 1: Questionário SUS**

1. Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência? \*

Sendo 1. Discordo totalmente e 5. Concordo totalmente

Opção 1

Opção 2

Opção 3

Opção 4

Opção 5

2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo? \*

Sendo 1. Discordo totalmente e 5. Concordo totalmente

Fonte: Autores (2022)

O resultado obtido pelas respostas fornecidas ocorre através da subtração de 1 da alternativa escolhida nas questões ímpares e na subtração de 5 da escolhida nas pares, depois disso é necessário somar o resultado total obtido e multiplicar por 2,5. Neste sistema a máxima pontuação é 100 e a mínima é 0. Entretanto, se o número apurado for de 68 ou mais é possível considerar satisfatória a experiência do usuário, acima de 70 boa e acima de 80 excelente.

Dos 4 participantes da pesquisa, apenas um obteve resultado inferior a 68, apesar disso as respostas mostram uma certa dificuldade em lidar com o aplicativo, já que foi dado nota 2 na questão na questão 5 que diz pergunta: “Eu acho que as várias funções do sistema estão bem integradas?”, sendo 1 que discorda totalmente. Entretanto, a média apresentada pela pontuação dos usuarios foi 72,5, o que expõe segundo a metodologia aplicada que se obteve uma experiência agradável. Também foi adicionado duas perguntas adjuntas do SUS, a primeira indaga se foi possível perceber uma conscientização sobre o consumo de energia e a segunda se foi possível ter um melhor controle do consumo, tendo respectivamente médias 3 e 4.

Ao desenvolver uma UI para que ela não crie insegurança e seja intuitiva existe também a metodologia de heurística criada por Jakob Nielson, que é possível relacionar as perguntas e fazer uma avaliação mais estrutura (UXDESIGN , 2022), que que quando são observadas é plausível dizer que elas coincidem com os princípios de design. Assim as questões 1,4 e 9 foram correlacionadas com a satisfação, a 2 com a facilidade de memorização, 3, 4, 7 e 10 com a facilidade de aprendizado, 5, 6 e 8 eficiência e 6 minimização dos erros. Neste sentido, as respostas criaram um cenário onde os três primeiros critérios tem respostas positivas, o porém a satisfação é aceitavel e existe a necessidade de minimização de erros, tanto de equivoco do usuário quanto no desenvolvimento do mesmo.

Porém é necessário dizer que mesmo considerando essas duas metodologias empregadas, foi possível observar que no decorrer do desenvolvimento da pesquisa o nível de imersão do participante influiu na avaliação oferecida pelos mesmos

O aplicativo, como mostra a Tabela 1 apresenta o controle de energia, no caso estes são os dados de uma semana de um dos usuários, e é aceitável a diferença que veio apresentando ao longo da semana. É plausível observar que existe uma tendência de o consumo ir para baixo, embora exista uma variação.

**Tabela 1:** Monitoramento do gasto de energia

Dia da semana	1º Leitura	2º Leitura	Resultado
domingo	45424	45436	12
segunda-feira	45436	45447	11
terça-feira	45447	45460	13
quarta-feira	45460	45471	11
quinta-feira	45471	45482	11
sexta-feira	45482	45494	12
sábado	45494	45504	10
Média do consumo da semana			11.42

Fonte: Autores (2022)

Agora fazendo comparação entre alguns dos trabalhos com a mesma temática vemos por exemplo que Coelho e Santos (2020) propõe o desenvolvimento de um dashboard através das informações preenchidas manualmente com os valores de kwh, fazendo uma estimativa em valores reais da fatura, e também uma análise dos dados com os meses anteriores. Aqui é possível notar que apesar de app desenvolvido para o presente ter sido considerado satisfatório para os usuários existe pontos simples de melhoria como a criação de um dashboard para o usuário. Que vai poder ser ressaltado através da conclusão de Apperley e Kalyan (2015), que ela fazem o desenvolvimento de um modelo de dashboard que é indubitavelmente aceito, todos os entrevistados concordam que esse modelo os ajudaria a otimizar o consumo. No entanto, concluem que apenas o fator monetário não é eficaz para mudar o hábitos de consumo de energia, sugerem então uma percepção do meio ambiente como forma de envolvimento, através de meios interativos. O que significa que apesar de ter obtido o resultado positivo para conscientização e controle, não necessariamente vai significar que irá alterar padrões comportamentais, trazendo como o consumo consciente.

Agora, Pires (2021) vai além e faz a utilização de um microcontrolador para realizar as medições e as transmitir via wifi no celular de forma horaria, obtendo um erro de medições quando comparados com os valores obtidos pela concessionária de energia, entretanto apesar de ser protótipo mostra em que sentido o controle pode ser desenvolvido em desenvolvimentos futuros, mas enquanto o custo de aquisição for dispendioso não é acessível para a maioria da população.

A partir desta comparação é possível dizer que o apesar de ter funcionamento perfeitamente e ter passado no teste de usabilidade ainda existe muito a ser trabalhado na área, não só no trabalho de conscientização e informação, mas adjunto com parte do

desenvolvimento das funções e interação com o usuário e do controle através da automação residencial, que é para onde a sociedade tem migrado.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil tem uma matriz energética que depende muito da estabilidade climática, o que quando não ocorre traz como dano, crises energéticas. O que faz práticas para trazer consciência e eficiência de processos ganharem cada vez mais pesquisas e implementações. A tecnologia no mercado para controle imediato do consumo de energia mais é demasiadamente caro e por isso não é acessível.

Tendo em vista isso, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um aplicativo que permita de maneira contínua o monitoramento dos gastos de energia elétrica como também a der dicas ao usuário de formas de economia de energia, visando extrair ativos de conhecimento aos usuários, promovendo autoavaliação e inspeção do consumo. Neste sentido, foi realizada uma revisão das áreas de descobertas de conhecimento, já que o programa propõe ser uma fonte rápida e simples do mesmo.

Como sugestão para futuros trabalhos, na arquitetura do programa deve-se ser inseridos as informações de forma mais interativa, desenvolver uma interface mais amigável e intuitiva, pois tal abordagem possibilita um ganho do interesse e aprendizado, apesar de haver meios mais tradicionais de ganho de conhecimento, e os mesmos se encontram espalhados em diversas fontes.

Levando em consideração todos os fatores expostos, pode-se entender que o aplicativo desenvolvido atendeu a expectativa gerando resultado satisfatório e permitindo a produção de uma mudança comportamental no usuário, através do hábito de controle diário dos kWh de energia, entendendo não apenas quanto está o valor atual, mais a sua média de consumo diário.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ANDROID STUDIO. Conheça o Android Studio. 2022. Disponível em: <<https://developer.android.com/studio/intro?hl=pt-br>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [2] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica: Fatores de Conversão. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_fatoresdeconversao\\_indice.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf)>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [3] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica: Custo da energia que chega aos consumidores. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/tarifas/entenda-a-tarifa/custo-da-energia-que-chega-aos-consumidores>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [4] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica: Programa de Eficiência Energética. 2016b. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [5] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica: Receita Anual de Geração para o ciclo 2019/2022 é fixada. 2019. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/receita-anual-de-geracao-para-o-ciclo-2019-2020-e-fixada/656877?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/receita-anual-de-geracao-para-o-ciclo-2019-2020-e-fixada/656877?inheritRedirect=false)>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [6] ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica: Valores das bandeiras tarifárias são atualizados para o período 2022-2023. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/valores-das-bandeiras-tarifarias-sao-atualizados-para-o-periodo-2022-2023>>. Acesso em: 18 de out. 2022.

- [7] APPERLEY, M.; KALYAN, J. A. Mobile Personal Residential Electricity Dashboard. 2015 19th International Conference on Information Visualisation. 2015. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/7272601>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [8] BBC. 'Fake News' é eleita palavra do ano e ganhará menção no dicionário britânico. 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-41843695>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [9] BEN. Balanço Energético Nacional : Ano base 2021 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro : EPE, 2022.
- [10] COELHO, FELIPE C; SANTOS, MAICON DOS. APLICATIVO PARA GESTÃO DE CONSUMO DE ENERGIA. SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA GESTÃO E EDUCAÇÃO. 2020. Disponível em: <<http://raam.alcidesmaya.com.br/index.php/SGTE/article/view/225/219>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [11] FGV ENERGIA. Dados - Matriz Energética. 2020. Disponível em: <<https://fgvenergia.fgv.br/dados-matriz-energetica>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [12] JORDAN, P. W. Usability evaluation in industry. [s.l.] Taylor & Francis, 1996
- [13] PIRES, Laryssa Salustiana de Oliveira. Desenvolvimento de um aplicativo android para monitoramento do consumo de energia elétrica de uma residência. 2021. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia da Computação, Pontifícia Universidade Católica de Góias, Góias. 2021
- [14] MME. Ministério de Minas e Energia: Tributos Cobrados na conta de energia. 2022. Disponível em: <[https://www.gov.br/mme/pt-br/canais\\_atendimento/ouvidoria/perguntas-frequentes/tributos-cobrados-na-conta-de-energia](https://www.gov.br/mme/pt-br/canais_atendimento/ouvidoria/perguntas-frequentes/tributos-cobrados-na-conta-de-energia)>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [15] MOURA, Maycon Jean de; MONTeiro Sobrinho, Francisco Magno. Sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica conectado à internet de baixo custo. 2019. 13f. TCC (Graduação) - Curso de Controle e Automação, Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí, 2017.
- [16] USE MOBILE. O que é SDK? Saiba sua utilidade no desenvolvimento mobile. 2022. Disponível em: <<https://usemobile.com.br/sdk/>>. Acesso em: 18 de out. 2022.
- [17] UXDESIGN. O que é o SUS (System Usability Scale) e como usá-lo em seu site. 2022. Disponível em: <<https://brasil.uxdesign.cc/o-que-%C3%A9-o-sus-system-usability-scale-e-como-us%C3%A1-lo-em-seu-site-6d63224481c8>>. Acesso em: 18 de out. 2022.

# Capítulo 2

## *Sistema de automatização para a piscicultura utilizando IOT*

*Ana Mirly Bentes da Costa*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O pescado abriu espaço para a introdução de tecnologia nos meios produtivos desta atividade. Neste artigo, um sistema computacional Iot é proposto para facilitar o controle e monitoramento da produção por meio de variáveis de temperatura e pH, além de fornecer um meio para automatizar o acionamento da produção de bombas, refrigeradores e aquecedores e outros equipamentos. O sistema proposto permite que os dados sejam exibidos usando um sistema Iot e os dados sejam armazenados usando um banco de dados relacional. Para realizar o estudo foi elaborado um mapeamento dos parâmetros da água. O sistema mostrou sua utilidade como ferramenta de avaliação de desempenho permitindo perceber que a preservação de lagos para empresas de piscicultura é essencial para a criação de peixes e outros seres marítimos.

**Palavras-chave:** Piscicultura; Iot; tecnologia de pescado.



## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de tecnologia define bem o que é automação. A automação pode ser definida como um conjunto de tecnologias que, quando aplicadas a um processo, tendem a torná-lo mais eficiente, maximizando sua produção, reduzindo o consumo de energia e tempo, reduzindo as emissões de resíduos e melhorando as condições de segurança específicas do processo. (ANTUNES et al; 2019). O desenvolvimento da tecnologia da informação levou à miniaturização dos dispositivos e, conseqüentemente, aos baixos custos, o que possibilita sua aquisição e conexão com o desenvolvimento do controle e automação de processos.

O objetivo do projeto é simplesmente apresentar a viabilidade dos custos de produção de um sistema de monitoramento de água automático e escalável. Inicialmente a pesquisa considerará sua aplicabilidade em lagoas lavradas, onde pode ser expandido e ajustado de acordo com as necessidades hídricas, utilizando técnicas modulares de piscicultor. Além disso, torna-se um conjunto de soluções para situações cotidianas que promovem diretamente os benefícios relacionados à produção e a eficiência das operações dos fabricantes.

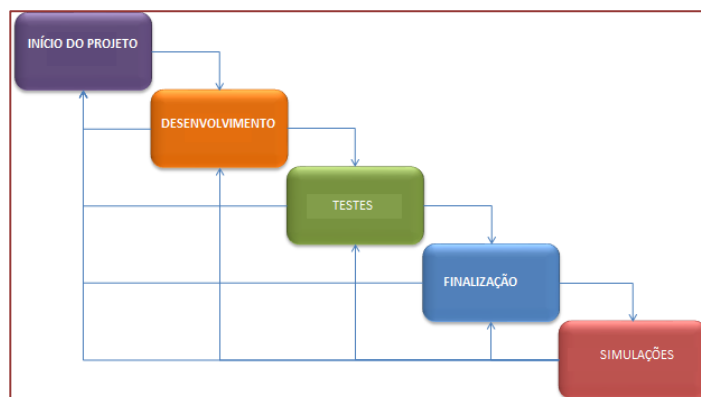
Visando desenvolver um produto de alta qualidade utilizando tecnologia aplicável à agricultura, este trabalho visa inicialmente desenvolver um sistema computacional de baixo custo que possa coletar informações sobre os parâmetros químicos e físicos da água em lagoas escavadas, e posteriormente enviar ao seu banco de dados, que possibilita o monitoramento da qualidade da água em tempo real, permitindo que uma análise seja obtida em tempo, criando um histórico das alterações físicas e químicas do ambiente analisado.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi iniciado definindo as principais técnicas a serem utilizadas para o desenvolvimento do software proposto, onde, após a criação de uma lista contendo os itens mais importantes no mesmo, é realizado um estudo individual sobre cada etapa, para a garantia de melhor qualidade nos procedimentos de construção do sistema.

Como objeto de estudo inicial, buscou-se estudar sobre os mecanismos para obtenção de resultados referentes a qualidade de lagos e rios, para as diversas empresas que atuam nesses locais ao redor do mundo. Com isso, pudemos identificar os principais pontos a serem aprimorados no desenvolvimento de nosso sistema, para garantir um projeto diferencial e eficaz com a sua implementação.

Seguindo, realizamos um estudo sobre as ferramentas a serem utilizadas para a construção do sistema, dando destaque para uma pesquisa elaborada sobre a ferramenta Arduino, bem como, os diferentes sensores que podem ser utilizados para seu funcionamento. Por fim, estabelecemos uma sequência de etapas metodológicas, para a construção organizada e segura do sistema proposto, sendo essas etapas conforme e observado no Fluxograma 1.

**Fluxograma 1: Sequência de etapas metodológicas do projeto**

Fonte: Autores (2022)

No início do projeto é estabelecido o funcionamento do software, definindo os requisitos funcionais e não funcionais. Inicia-se então o processo de construção. Após a construção são realizados testes para verificação da funcionalidade. Por fim, após o projeto completo, são realizadas simulações do sistema em lagoas, para a obtenção de resultados significativos sobre a importância e funcionamento do software proposto.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por ser um sistema modular, vários sensores de rastreamento podem ser instalados. A plataforma Arduino UNO escolhida suporta diversos sensores, tais como: Flúor, nitrato, oxigênio dissolvido, clorofila, condutividade elétrica, entre outros. O sensor selecionado para esse sistema foi o de monitoramento de águas residuais, cuja utilidade no setor agrícola é clara e precisa. Nesse sentido, o objetivo foi ilustrar a possível utilização do sistema para monitoramento físico-químico, automático, modular e escalável.

#### 3.1. ESCALABILIDADE DO SISTEMA

O sistema tem potencial de crescimento sem grandes investimentos, pois o sistema Arduino suporta diversos outros sensores para monitoramento (USINAINFO, 2020). Os microcontroladores facilitam o desenvolvimento de sistemas abertos e contínuos com o mínimo esforço para o agricultor, seja ele pequeno, médio ou grande. Assim, uma de suas funções mais importantes é o suporte de outros sensores para monitoramento, melhoria contínua e otimização da plataforma.

**Tabela 1:** Outras Vantagens do Arduino que contribuem para a escalabilidade do sistema

Vantagens	Descrição
<b>Comunidade</b>	Tecnologia com grande comunidade de desenvolvedores.
<b>Facilidade</b>	Facilidade de entendimento e manuseio.
<b>Simulações</b>	Possibilidade de simulação com protótipos.
<b>Custo baixo</b>	Custos baixos para implementações.
<b>Exemplos disponíveis</b>	Projetos desenvolvidos por terceiros disponíveis para estudos de base.

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 1 mostra outras qualidades incluídas na utilização de Arduino que trazem benefícios futuros para o sistema, citando benefícios interessantes a respeito de facilidade de manuseio, e diferenciação de projetos devido à grande comunidade de usuários, assim, podendo utilizar modelos já desenvolvidos com objetos de estudos para aprendizado e melhorias no sistema. Outro ponto interessante citado é referente aos custos baixos necessários para a realização dessas melhorias, o que contrasta com a menção da possibilidade de realização de simulações do projeto, assim, sempre que necessário a realização de manutenções ou atualizações, é possível simular testes para a garantia do resultado obtido ser o esperado.

Esses benefícios são reforçados com o estudo sobre a ferramenta realizado por Moreira et al. (2018), onde podemos identificar análises similares sobre essas vantagens, destacando sua capacidade de estudo por alunos desde a base, devido a sua simplicidade, além de contribuir ainda mais com o argumento sobre a capacidade de evolução do sistema proposto.

### 3.2. CUSTO DO PROJETO PILOTO

A Tabela 2 mostra os preços disponíveis no mercado com médias em setembro-outubro de 2022. Julia Abreu (2021) afirma que “a prototipagem é um passo muito importante em qualquer projeto, devido a sua verificação de falhas e carências nessa etapa, assim é possível corrigi-las antes de sua produção”. Seguindo a afirmação da autora, para iniciarmos a produção de um protótipo de projeto que possa ser modulado de acordo com a necessidade e precisão de rastreamento, é necessário a presença de determinados equipamentos, sendo alguns deles: uma placa Arduino Uno, para parametrizar os sensores através de software, adaptando-se às espécies de peixes monitoradas, temos também um sensor de temperatura embutido em determinados pontos do aquário e controlando constantemente a temperatura da água, que pode ser conectado diretamente ao atuador, para que o aerador ative automaticamente, sem intervenção humana e desligue durante a ventilação, o que reduz o consumo de energia elétrica e funciona de forma sustentável.

**Tabela 2.** Custos do projeto

Item	Quantidade	Valor (R\$)	Total
Placa Arduino Uno	1	50,00	50,00
Jumper macho - Fêmea, fios Arduino para	40	0,40	16,00
Sensor de Temperatura a prova d'agua	1	25,00	25,00
Ethernet Shield W5100	1	40,00	40,00
Sensor de Ph + Eletro Sonda Bnc	1	160,00	160,00
Sensor de Turbidez	1	233,00	233,00
<b>Valor gasto</b>			<b>524,00</b>

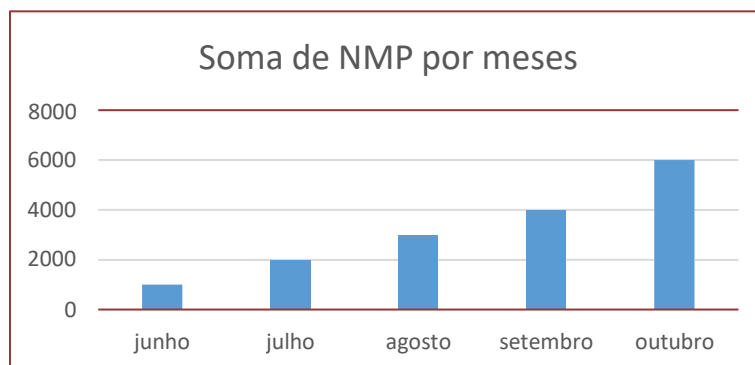
Fonte: Autores (2022)

Por outro lado, no que diz respeito aos valores aproximados apresentados na Tabela 2 sobre os equipamentos a serem utilizados no projeto, podemos observar que a soma final desses números traz um valor agradável aos consumidores. Naturalmente, os custos necessários para a criação de projetos desse porte são essenciais para sua aplicação, e como podemos observar na tabela, os valores são muito baixos, principalmente quando consideramos as vantagens que podem ser obtidas pelo mesmo. Com esses valores estabelecidos, empresas do ramo de piscicultura de pequeno, médio e grande porte, podem utilizar-se desse sistema como um ótimo investimento para garantir a preservação das águas de lagos, mantendo então um ambiente agradável para estudos.

Essa constatação ganha peso ainda maior quando identificamos que Filipe Wiltgen (2019) em seu estudo sobre prototipagem, destaca a importância de custos baixos para empresas de pequeno porte e com poucos funcionários, portanto, com o valor de produção reduzido, a capacidade de obtenção de lucros posteriores com o projeto é aumentada significativamente. Ribeiro et al. (2015) e Silva et al. (2014) também concordam com essa afirmativa, onde, destacam em seus estudos a importância do arduino para eficiência em projetos e custo-benefício.

### 3.3. NÚMERO MAIS PROVÁVEL (NMP) PARA OS COLIFORMES DA ÁGUA

Realizamos análises sobre a alimentação a ser disponibilizada para os peixes, onde definimos que o tipo de ração utilizada seria a peletizada. Jorge Kraker (2020), especialista em processos fabris de ração define o processo de peletização como, “a transformação da ração farelada em granulada por um processo físico químico”. Após determinado período com a ração estabelecida, analisamos os resultados obtidos em testes onde encontravam-se os peixes, e neles podemos detectar a presença de contaminação no meio aquático.

**Gráfico 1: Número NMP**

Fonte: Autores (2022)

Os resultados descritos no Gráfico 1 foram obtidos com a realização da análise mencionada, sendo que, por meio dela, pudemos identificar que essa contaminação estava crescendo constantemente ao longo dos meses. Buscando identificar as causas na presença de coliformes, chegamos à conclusão que os motivos mais prováveis para essa ocorrência, podem ser devido ao manejo inadequado dos peixes no momento da automatização do sistema, ou por falhas humanas, onde, mesmo com o auxílio do sistema proposto para identificar e monitorar sua qualidade, ainda assim, ocorreram equívocos na realização de tratamento da água. Por outro lado, com a movimentação dos peixes em virtude dessa ferramenta, identificamos que os alevinos possuem qualidade alimentar boa.

A causa apresentada para a aparição de coliformes é reforçada por Santos e Pavanelli (2020) ao afirmarem que questões higiênicas e alimentares são bastante recorrentes para a aparição dessas bactérias. Nunes et al. (2019) também apoia essa afirmação ao definir que a presença de coliformes é muito relevante para a realização de estudos sobre a qualidade de água devido ao grande número de seres vivos que dependem da mesma para sobreviver.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização desse estudo, fica evidente que a preservação de lagos para empresas de piscicultura é essencial para a criação de peixes e outros seres marítimos. Por meio desse ramo de estudos aquático, é realizado o monitoramento constante dos animais citados para garantir a sua qualidade de vida até o momento onde os mesmos são autorizados para consumo próprio das pessoas.

O desenvolvimento deste artigo viabiliza a implementação de um sistema para garantir controle constante da qualidade apresentada nos lagos onde esses seres vivem, por meio de ações automatizadas com placas de Arduino juntamente com sensores específicos. Com isso, é melhorada a qualidade analítica devido a substituição de análises humanas por tecnológicas, garantindo resultados mais precisos e técnicos.

Desta forma, observamos por meio dos resultados obtidos, que esse sistema apresenta vantagens significativas para empresas desse ramo, onde o mesmo apresenta valores agradáveis para a sua implementação tanto para empresas de renome no mercado,

quanto para empresas menores, além de possuir uma margem de crescimento muito boa, devido a capacidade adaptativa do Arduino UNO presente nesse sistema.

## REFERÊNCIAS

- [1] ABREU, J.: Protótipo: saiba a importância de escolher o tipo perfeito. In: COEMjr. Brasil, 2021. Disponível em: <<https://coemjr.com.br/importancia-prototipo-perfeito/#:~:text=Import%C3%A2ncia%20de%20um%20prot%C3%B3tipo,para%20um%20bom%20resultado%20final.>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [2] ANTUNES, D.: O Que é Automação e para que serve? In: Go Backlog. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.gobacklog.com/blog/o-que-e-automacao-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 09/11/2022.
- [3] KRAKER, J.: Como melhorar a qualidade física da ração peletizada. In: BTA Aditivos. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.btaaditivos.com.br/br/blog/como-melhorar-a-qualidade-fisica-da-racao-peletizada/78/>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [4] MOREIRA, M.; CAVALCANTE, M.; ALVES, F.; SILVA, F.: Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. Brasil, 2018. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6816391>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [5] NUNES, L.; MONTEIRO, M.; JÚNIOR, D.; SARAIVA, C.; SILVA, M.; SILVA, R.; GARCIA, L.: Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no rio Salgadinho no município de Juazeiro do Norte, CE. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://acervomais.com.br/index.php/cientifico/article/view/2243/1105>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [6] RIBEIRO, J. M.; SANTOS, E.; OLIVEIRA, G.R.; MIRANDA, R. A.; RESENDE, T. F.: Sistema de monitoramento e controle de processo de distribuição de água, usando arduino e protocolo GSM. Brasil, 2015. Disponível em: <<https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/sistema-de-monitoramento-e-controle-de-um-processo-de-distribuio-de-gua-usando-arduino-e-protocolo-gsm-18034>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [7] SANTOS, I.; PAVANELLI, M.: Coliformes Totais E Termotolerantes Em Ervas De Tereré Nacionais E Importadas. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/2673/1126>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [8] SILVA, J.; SILVA, J. T.; LIMA, G. F.: Controle e monitoramento de nível utilizando plataforma open source arduino. Brasil, 2014. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao-cientifica/2014/innover/artigo>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [9] USINAINFO: Sensores. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.usinainfo.com.br/sensores-474#:~:text=Principais%20Sensores%20Arduino&text=Entre%20os%20mais%20diferentes%20tipos,de%20I%20C%20ADquido%20C%20entre%20muito%20outros.>>. Acesso em: 16/11/2022.
- [10] WILTGEN, F.: Protótipos E Prototipagem Rápida Aditiva Sua Importância No Auxílio Do Desenvolvimento Científico E Tecnológico. In: Editora Uniesmero. Brasil, 2019. Vol. 1. Ch. 3. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/search/publication?q=filipe%20wiltgen&page=4>> Acesso em: 16/11/2022.

# Capítulo 3

## *Impactos do uso da lâmpada led em no consumo de energia de apartamentos residenciais*

*Ana Paula Pinheiro Saraiva*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** Os Diodos de luz, mais conhecidos como LED são componentes eletrônicos semicondutores que conseguem transformar energia elétrica em luz. Este estudo teve como objetivo principal analisar os impactos da lâmpada de LED no consumo de energia em apartamentos condominiais, a metodologia utilizada foi um questionário do google doc aplicado online, a análise dos dados foi descritiva, foi analisado a situação de consumo, iluminação, durabilidade e aquecimento. A demonstração dos resultados obtidos, comprovam que a luminária de LED impacta positivamente, diminuindo o consumo de energia, proporcionado melhor luminosidade sem emitir tanto calor que as lâmpadas fluorescentes, maior durabilidade, com isso, as luminárias de LED se tornam um investimento compensador, econômico e totalmente sustentável por não possuir nenhuma substância tóxica, sendo menos prejudicial à saúde e totalmente descartável ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** LED; consumo; iluminação; durabilidade; economia.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos as indústrias de equipamentos eletrônicos têm debatido sobre como agregar desenvolvimento, tecnologia, praticidade e qualidade de vida, assim como economia e segurança levando em conta os possíveis impactos ao ser humano e a natureza. Dentre estes produtos estão as lâmpadas de LED, as quais fazem parte da vida cotidiana e influenciam diretamente a vida humana, seja na questão do consumo de energia como na qualidade de vida.

De acordo com Franco *et al* (2021), as lâmpadas de LED (*Light Emission Diode*, diodo emissor de luz) são dispositivos eletrônicos semicondutor que quando polarizado diretamente, dentro do semicondutor ocorre à recombinação de lacunas e elétrons. Sendo capaz de produzir muito mais luz visível do que calor, tornando-as mais eficientes, chegando a economizar 50% da energia comparada às fontes tradicionais. Com isso as lâmpadas de LED são mais modernas e quando o assunto é redução de energia, elas são as mais indicadas.

Conforme Grabi (2021), diversas são as preocupações sobre os impactos que os componentes eletrônicos podem causar na natureza, desde da produção até o descarte. As lâmpadas de LED têm em sua produção materiais atóxicos ao meio ambiente, podendo ser descartada sem a necessidade de uma destinação especial. Também apresentam melhorias significativas em sua eficiência energética, sua luminosidade possui potencial de conservação de energia, além da durabilidade, sustentabilidade por não possuir materiais com filamentos que contenham vidro e mercúrio, contém dissipador de calor, emitindo luz sem causar aquecimento no ambiente. Segundo Santos (2015) em Araújo *et al* (2018), “As lâmpadas modernas utilizam LED em sua formação, as quais liberam menos calor e utilizam menos energia, sendo assim mais econômicas que as fluorescentes”. Impactando diretamente na conta de energia, em especial em residências.

Este estudo ocorreu de forma analítica, sendo realizada no condomínio liberdade situado na cidade de Manaus – AM. Tendo como objetivo principal, analisar os impactos que o uso de lâmpadas LED tem causado no consumo de energia, assim como a qualidade de iluminação e a durabilidade. E os instrumentos utilizados foram a aplicação de um questionário, a análise dos dados e a descrição dos resultados, os quais serão apresentados no desenvolvimento do trabalho.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizada em um Residencial localizado na zona norte, no município de Manaus – AM, este residencial contém 26 Torres de 4 andares, com quatro apartamentos por andar, totalizando 416, cada apartamento contém 8 pontos para lâmpadas.

Foi realizado a aplicação de um questionário, desenvolvido através do google docs, uma plataforma de texto do Google, que pode ser acessada pela nuvem do google drive, as perguntas foram enviadas via aplicativo de mensagens para todos os proprietários de unidades do condomínio, no questionário constaram sete perguntas de múltipla escolha, sobre a utilização de lâmpada LED. que se referem se os condôminos fazem a utilização de lâmpada em LED. O questionário foi aplicado entre os dias 13 a 21/10/2022.



Para a análise dos dados utilizou-se da análise descritiva. Os dados coletados referentes ao questionário aplicado junto aos condôminos, foram compilados no aplicativo Google Docs e o resultado de cada pergunta foi apresentado através de gráfico.

A partir dos gráficos é possível observar a utilização das lâmpadas de LED do condomínio, o impacto do uso deste tipo de lâmpada na conta de energia, a durabilidade da lâmpada, a sustentabilidade em relação ao calor emitido no ambiente e seu descarte e se é inviável o investimento.

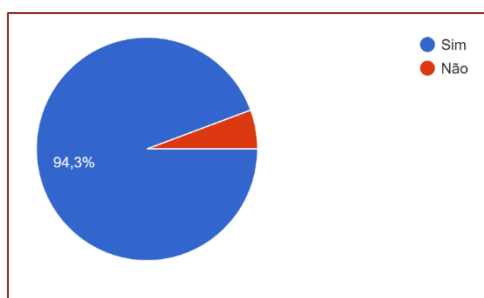
### 3. RESULTADOS E DISCUSÃO

Dos 416 apartamentos que fazem parte do condomínio pesquisado, sessenta e cinco destes não há residentes e somente 106 (30%) dos proprietários responderam participaram da pesquisa. Foi possível construir um cenário sobre a utilização das lâmpadas de LED, e ainda, estabelecer um conceito sobre a viabilidade de sua utilização.

#### 3.1. PARÂMETROS OBSERVADOS

Ao serem perguntados sobre a utilização da lâmpada de LED no apartamento, conforme a Figura 1, 94,3% respondeu que utilizam. Com este resultado é possível perceber que a maioria dos condôminos pesquisados usam lâmpadas de LED em sua unidade que é um fator muito positivo, pois de acordo com Araújo (2018), “apesar de ser uma lâmpada cara para aquisição, o LED possui inúmeras vantagens ambientais e econômicas que torna esta tecnologia atrativa ao consumidor”.

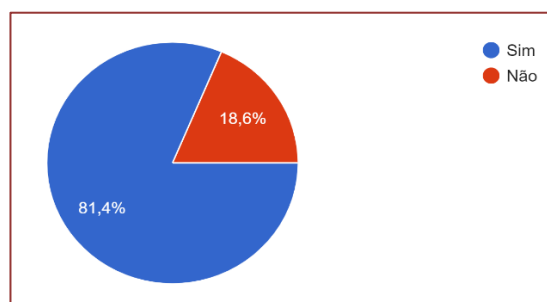
**Figura 1:** Utilização de Lâmpadas de LED



Fonte: Autores (2022)

Percebe-se com isto que apesar do investimento em lâmpadas de LED ser maior, a escolha em usá-la ultrapassa as lâmpadas comuns fluorescentes, Oliveira (2019) *apud* Inmetro (2018), descreve que, uma lâmpada fluorescente de 15W equivale a uma lâmpada de LED de 9W, demonstrando que a procura por equipamentos que ofereçam mais benefícios ao consumidor, tem sido determinante na escolha no momento da aquisição.

Ao serem questionados sobre o consumo de energia, o resultado apontou que para 81,4% dos entrevistados o consumo de energia diminuiu, e, 18,8% não perceberam nenhuma diminuição com o uso das lâmpadas de LED (Figura 2).

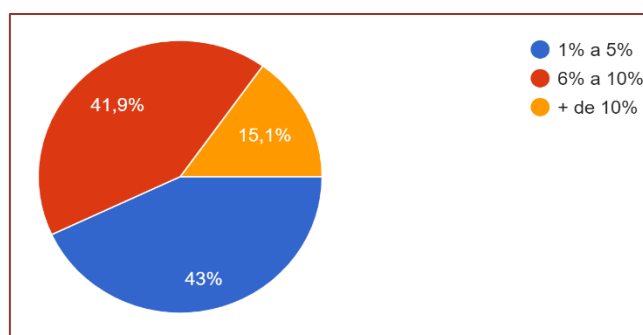
**Figura 2: Consumo de energia**

Fonte: Autores (2022)

Com este resultado é possível afirmar que a utilização das lâmpadas de LED, contribuem diretamente para a diminuição do consumo de energia, influenciando na conta e na escolha do equipamento. Por outro lado, supõe-se que os condôminos que responderam não, é possível que possam estar se utilizando de outros aparelhos que estejam onerando o valor da energia. Conforme Rodrigues *et al* (2018) as lâmpadas de LED sobressaem outras lâmpadas quando o quesito é o consumo de energia, por produzirem a mesma quantidade de fluxo luminoso com o menor gasto de energia.

E ao serem perguntados quantos porcentos a utilização das lâmpadas de LED impactou no consumo de energia, as respostas, conforme a Figura 3, foram que, para 15,1% a diminuição na conta de energia foi mais de 10%, para 41,9% foram de 6% a 10%, e 43% responderam que as lâmpadas de LED auxiliaram em 1% a 5% na diminuição na conta de energia.

Apesar das observações serem variantes e na maioria serem de apenas 1% a 5% no consumo de energia, no final representam uma diferença significativa. Confirmando que as lâmpadas de LED de alguma maneira auxiliam o impacto positivamente no consumo de energia.

**Figura 3: Impacto no consumo de energia**

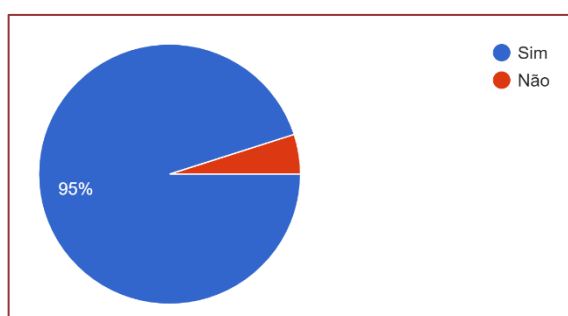
Fonte: Autores (2022)

Por outro lado, se pode supor que a maioria começou o uso das lâmpadas LED recentemente ou que não fazem o uso frequente por não ficarem direto no apartamento e com isto não sendo possível fazer esta verificação. Entretanto para 15,1% dos

entrevistados, o impacto no consumo de energia foi significativo e perceptível. Neste aspecto, de acordo com Santos e Felici (2020) a utilização de lâmpadas de LED podem apresentar uma redução anual significativa no consumo de energia elétrica, podendo chegar a 52,6% quando comparada ao consumo no modelo fluorescente. Souza (2015) *apud* Franco (2021) também afirma que as lâmpadas de LED utilizam 82% menos energia em comparação com outros modelos de lâmpadas incandescentes, favorecendo significativa economia na conta de energia. Figueiró *et al* (2021, p. 4) relatam que, “um fator interessante é a economia que as mesmas geram no uso de ar-condicionado, pois ao adquirir essa tecnologia o calor transmitido para o local é menor, proporcionando assim a diminuição na transferência de calor, gerando uma redução de custo na climatização do ambiente”. Percebe-se com isto que, um fator influencia no outro e juntos favorecem positivamente tanto financeiramente, como no bem-estar do consumidor e no meio ambiente, como afirma Ciesla *et al* (2019) que se for realizado o cálculo da diferença de custo da conta de energia o resultado obtido será positivo para o LED, pois o consumo varia em relação a potência da lâmpada e esta que por sua vez é função da corrente e da tensão. Assim, se houver uma diminuição na potência utilizada, a corrente será menor, ou seja, o consumo energético será menor, reduzindo assim o valor da energia gasta.

Ao serem questionados sobre a contribuição das lâmpadas de LED na iluminação do ambiente, 95% responderam que sim, conforme a Figura 4. Segundo Araújo (2018) uma das grandes vantagens da utilização de lâmpadas de LED é que o diodo tem uma boa capacidade luminosa fazendo com que a produção de luz seja maior, usando menos energia. Tanto a luminosidade como a claridade do ambiente, sem com isto causar um aquecimento do ambiente, possibilita ao consumidor outros benefícios especialmente às pessoas com dificuldades na vista, conforme afirma Franco *et al* (2021) de acordo com Teixeira (2018), o qual “relata que a iluminação exerce uma forte influência no comportamento das pessoas. A utilização adequada evita doenças visuais, aumenta a eficiência no trabalho e diminui o número de acidentes”.

**Figura 4:** Iluminação no ambiente

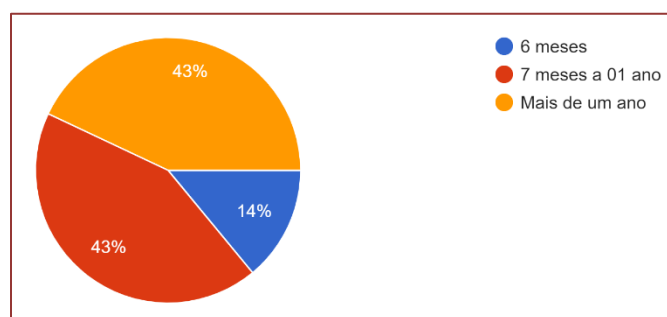


Fonte: Autores (2022)

Em vista disto os 5% que responderam que não perceberam melhoria na luminosidade, pode-se deduzir que não fizeram essa comparação com outras lâmpadas para poder ter essa percepção ou podem não ter de fato se atentado para esta diferença. Pois de acordo com Araújo *et al* (2018) outra vantagem da luminária de LED “é que ela não emite radiação ultravioleta, nem causa cansaço visual por não possuírem Mercúrio e nenhuma outra substância tóxica em sua composição, sendo menos prejudicial à saúde”.

Sobre a durabilidade das lâmpadas de LED, o resultado demonstrou que para 14% dos entrevistados a resistência do equipamento é de 6 meses de uso, para 43% a utilização varia entre sete meses a 01 ano e para mais 43% a durabilidade é mais de um ano (Figura 5). Sendo possível verificar que, para a grande maioria a durabilidade das luminárias de LED é a longo prazo. Franco *et al* (2021) afirma que este tipo de luminárias além das diversas vantagens que possui, a durabilidade é uma das que mais se destaca na hora de sua aquisição, sendo outro ponto relevante para este tipo de equipamento junto aos consumidores. Um fator também positivo para a durabilidade é o tempo que leva para seu descarte e o impacto no meio ambiente comparadas as fluorescentes. De acordo com Araújo *et al* (2018), “sua durabilidade também está ligada ao fato que ela é resistente a vibrações, o LED não sofre falhas na transmissão, dispensando a necessidade de reatores para o ligamento, acendendo instantaneamente.

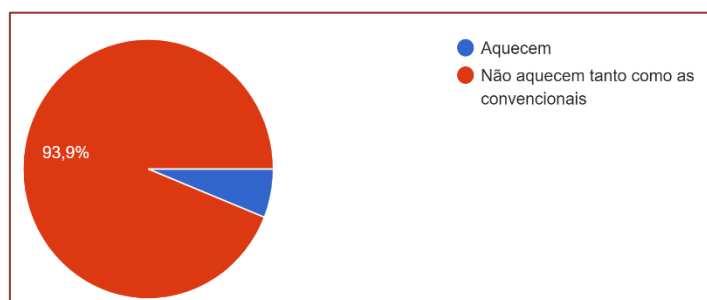
**Figura 5:** Durabilidade das lâmpadas de LED



Fonte: Autores (2022)

Para os que responderam que as luminárias adquiridas chegam a durar em média seis meses, pode ser que esta observação seja resultado de algum fator relacionado a oscilação da rede elétrica ou o mau contato no ponto de instalação.

Na questão de aquecimento ou não do ambiente, o resultado demonstrou que para 93,9% dos entrevistados as lâmpadas de LED não aquecem tanto como as convencionais (Figura 6). Segundo Araújo *et al* (2018) “por possuir baixa irradiação térmica, ela não esquenta, tornando o ambiente agradável”. Como a busca pela qualidade de vida é outro ponto importante no cotidiano, adquirir equipamentos que possam favorecer um ambiente agradável e que possibilitem que atividades sejam realizadas sem a geração de desconforto físico, é fundamental na aquisição das luminárias de LED.

**Figura 6:** Aquecimento do ambiente por lâmpadas de LED

Fonte: Autores (2022)

Suponha-se que os 5% que respondem que a lâmpada aquece o ambiente, sejam porque não fizeram esta observação frente a outros tipos de lâmpadas ou ao utilizá-las outros fatores como o aquecimento do ambiente venham a contribuir com esta percepção.

A durabilidade das lâmpadas de LED também impacta no descarte do material quando não mais utilizado, conforme Rebello, Abreu, Gomes e Xavier (2020), a comunidade científica tem se preocupado cada vez com a maneira adequada do descarte de forma que cause menos impacto na natureza e no meio ambiente, incentivando a cadeia de logística reversa para este material, assim como a reciclagem e o reaproveitamento do metais, os quais tem despertado interesse econômico em fonte secundárias de outros elementos.

### 3.2. A UTILIZAÇÃO DA LÂMPADA DE LED E O IMPACTO NO CONSUMO DE ENERGIA DO APARTAMENTO

O resultado da pesquisa mostrou que o uso da lâmpada LED contribui diretamente para a diminuição do consumo de energia nos apartamentos pesquisados, diferentemente dos que ainda fazem uso das lâmpadas fluorescentes. A partir deste estudo, sugere-se ser realizado uma avaliação nos apartamentos em questão, para que junto com os moradores poder demonstrar o quanto a utilização das luminárias de LED pode contribuir na diminuição do consumo de energia no seu apartamento, tendo em vista a eficácia da lâmpada. Santos *et al* (2020) colocam que em vista do alto consumo dos recursos naturais para a geração de energia, encontrar maneiras que possam minimizar o consumo tem sido pautas de grandes debates.

Outro ponto é a própria preocupação dos consumidores em minimizar o valor da conta de energia. Um fator importante que que Silva, Santos e Fraga (2020) apresentam em suas pesquisas é que as lâmpadas de LED causam menos danos a visão humana que as demais, quando utilizadas por longos períodos. Com isto, estudos demonstram que as luminárias de LED favorecem positivamente no consumo, na iluminação, na durabilidade e na minimização da emissão de calor no ambiente, tornando o investimento compensador.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que as luminárias de LED contribuem positivamente com o consumidor no que diz respeito a diminuição do consumo de energia devido em sua

composição, possuir dispositivos semicondutores preenchidos com gases e revestidos com diferentes materiais de fósforo, apresentar maior durabilidade e luminosidade do ambiente que as fluorescentes. Outro ponto é o seu descarte, que por não possuir material poluente diminui o impacto no meio ambiente.

A pesquisa analítica realizada demonstrou que a maioria dos condôminos se utilizam de lâmpada de LED e foi possível avaliar os benefícios da lâmpada para o consumidor, verificando que a lâmpada tem uma vida útil longa, possibilitando um maior tempo para a troca do equipamento, uma economia na conta de energia, possuir uma boa iluminação e na questão de aquecimento, por possuir uma baixa irradiação ela não aquece tanto quanto as convencionais.

A lâmpada de LED é uma tecnologia nova, que vem sendo aprimorada cada vez mais no mercado, apesar de ter um investimento alto frente aos outros tipos de lâmpada a sua eficiência se sobressai, a tendência é que o consumidor possa trocar as suas lâmpadas convencionais pelas de LED devido sua eficácia. Outros fatores favorecem o seu uso, como a possibilidade do reuso através da reciclagem, da comercialização dos metais, abrindo outras fontes econômicas, assim como baixo impacto que estas lâmpadas causam a visão frente a outras fluorescentes.

## REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO, J. C.; CAVALCANTE, J. V. B. M.; ARAGÃO, J. C. A Engenharia Elétrica A Serviço Do Meio Ambiente – Uso Das Lâmpadas De LED. CONTECC - Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Maceió – AL, 21 a 24 de agosto de 2018.
- [2] CIESLA, J. S.; AMARAL, M. A.; AKKARI, A. C. S. GUIMARÃES, D. H. P.; ROSA, M. T. M. G. Lâmpada de LED para uso em sala de aula: um estudo sobre a viabilidade técnica. Tópicos em Administração, v. 24, 1ª ed. Belo Horizonte – BH, 2019.
- [3] FIGUEIRÓ, M. N.; CUNHA, M. S.; RESENDE, G. P.; NETO, G. P. S. Benefícios Econômicos e Sustentáveis das Lâmpadas de LED's. Revista Pesquisa UNIFIMES – III Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar e I Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar, 21 a 23 de maio de 2018.
- [4] FRANCO, J. B. M.; BARRETO, L. K. S.; OLIVEIRA, H. C. Avaliação do uso de lâmpadas LED: Estudo de caso em um Serviço de Nutrição e Dietética em Natal – RN. Revista: Research, Society and Development, v. 10, n. 9, 2021.
- [5] GRABI, W. Eficiência Energética: um estudo de caso de implementação de iluminação de LED em área industrial. Varginha, TCC, 2021.
- [6] OLIVEIRA, V.R.D. Estudo De Viabilidade Econômica Na Substituição Das Lâmpadas Fluorescentes Por Lâmpadas De Led Em Um Colégio Localizado No Oeste Do Paraná. Medianeira, TCC, 2019.
- [7] REBELLO, R. Z.; ABREU, L. P. P.; GOMES, C. F. M. S.; XAVIER, L. H. Reciclagem de Lâmpadas de Led Inservíveis: Panorama Atual e Perspectivas Futuras. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM / MCTI). 11º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos; Porto Alegre, Junho, 2020.
- [8] RODRIGUES, S. F.; VAZQUEZ, G. H.; MORAIS, J. S. Substituição de lâmpadas fluorescentes Porlight Emitting Diode (LED) em uma Instituição de Ensino: Preocupação Ambiental, Energética e Econômica. Revista: Engenharia Sanit Ambiental, v.24, n.4, jul/ago, 2019.
- [9] SANTOS, A. P.; FELICI, E. M.; SANTOS, V. R. Proposta de Diminuição do Consumo de Energia Elétrica e Redução dos Impactos Ambientais através da Análise de Viabilidade de Substituição de Lâmpadas Fluorescentes por Lâmpadas LED em um Supermercado. Revista: Colloquium, v 12. nº 1, p. 309, 2020.
- [10] SILVA, A.A; FRAGA, F.N; SANTOS, R.A. Revisão bibliográfica sobre os efeitos da radiação luminosa de lâmpadas eletrônicas na visão humana. Revista Teccen. Jan./Jun. ed. 13, nº1, p. 33-34, 2020.

# Capítulo 4

## *Encapsulamento do substrato para manufatura do BGA-Ball Grid Array: Controle de buracos externos durante o encapsulamento do BGA*

*Anderson Correa da Silva*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O objetivo geral da pesquisa é compreender como ocorre o encapsulamento do substrato para manufatura do BGA-Ball Grid Array (BGA) de uma indústria de eletrônicos com a finalidade de controlar os buracos externos durante o encapsulamento do BGA. Conforme figura 2 consistiu em cinco fases. A primeira fase foi realizar o levantamento das dificuldades encontradas por meio da descrição da problemática. A segunda fase é o desenvolvimento análise das variáveis que geram buracos externos durante o encapsulamento do BGA. A terceira consiste na implementação das mudanças no processo que é redução da espessura do die. A quarta fase trata-se da tabulação de dados após a mudança do processo de encapsulamento do BGA que descritos através de esquemas, tabelas e gráficos. A última fase é apresentação dos resultados que consiste descrição das melhorias obtidas no processo. Para resolução da problemática e o preenchimento do BGA foram realizadas as modificações da espessura dos dies que ofereceram um fluxo de preenchimento do substrato com maior eficiência. Após a inspeção visual nos lotes não foram apresentaram defeitos, ou seja, um aproveitamento de 100%, tornado uma melhoria vantajosa para a organização.

**Palavras-chave:** Ball Grid Arrays; circuito integrado; melhoria de processo.

## 1. INTRODUÇÃO

A eletrônica tem avançado de forma surpreendente, e isso é acompanhado do aumento da performance enquanto os custos normalmente são mantidos constantes ou até reduzidos (LIMA, 2019). Os circuitos tornaram-se menores e mais confiáveis, além de apresentarem eficiência energética. Basta observar os diversos dispositivos portáteis que existem atualmente para constatar este fato. A tecnologia dos circuitos integrados é a principal força motriz que impulsiona o crescimento da indústria eletrônica. Considere a possibilidade de que muitos sistemas e dispositivos que hoje são comuns não eram práticos ou mesmo viáveis há uma década (ZANIN, 2017).

Os circuitos integrados, possuem dimensões e o formato variados e existem dezenas de encapsulamentos para os circuitos integrados, sendo os mais modernos: Quad Flat Pack (QFP), Plastic Leaded Chip Carrier (PLCC), Ball Grid Arrays (BGA).

O Ball grid arrays (BGAs) e die-size BGAs (DSBGAs), também chamados de pacotes de escala de chip (CSPs), são amplamente utilizados para inúmeras aplicações eletrônicas, incluindo dispositivos portáteis e de produtos de telecomunicações. Este tipo de conexão permite obter maior densidade de terminais quando comparado a encapsulamentos com conexão periférica (GRION, 2016).

A tecnologia BGA torna-se cada vez mais popular em virtude de melhorar a miniaturização, desempenho e funcionalidade. À medida que a embalagem de alta densidade se desenvolve para passo mais fino e tamanho menor, a importância da integridade mecânica das juntas de solda é essencialmente enfatizada para as preocupações de confiabilidade (LIMA, 2017). Um modelo preciso do encapsulamento do componente eletrônico é importante na confiabilidade do componente eletrônico (SOUZA, 2017).

Explica Codá (2022) que o encapsulamento é o invólucro protetor de um Circuito Integrado (CI) que apresenta as seguintes funções: fazer a comunicação da matriz de silício com a placa de circuito; dissipar de calor; proteger o chip contra umidade e corrosão. O material do encapsulamento de um CI pode ser: metálicos, cerâmicos e o composto de epóxi para moldagem (epoxy molding compound - EMC).

O composto de epóxi para moldagem consiste principalmente de resina epóxi, resina fenólica, catalisador e esferas de silicone, é o tipo mais antigo e sofisticado de composto de moldagem epóxi. É aplicável ao empacotamento de dispositivos discretos, como diodos, transistores e laminação de superfície, e componentes eletrônicos, como circuitos integrados (ICs) (COLLING, 2017).

O composto de moldagem epóxi normal, tem sido, e continuará sendo, o principal material para o encapsulamento em virtude das suas vantagens de custo e produtividade. Os avanços nas tecnologias de encapsulamento exigem materiais com baixo estresse térmico e excelente estabilidade em temperaturas elevadas (CERQUEIRA, 2015).

O processo do BGA é crítico para o encapsulamento de semicondutores pois uma falha pode gerar rejeitos e retrabalhos indesejáveis ao desempenho da produção (MACHADO, 2016). O preenchimento incompleto e na formação de vazios que são observados no final do processo de encapsulamento. Esses defeitos são considerados críticos e podem afetar a funcionalidade do dispositivo (ABAS et al., 2018).

Diante do apresentado o objetivo geral da pesquisa é compreender como ocorre o encapsulamento do substrato para manufatura do BGA-Ball Grid Array (BGA) de uma



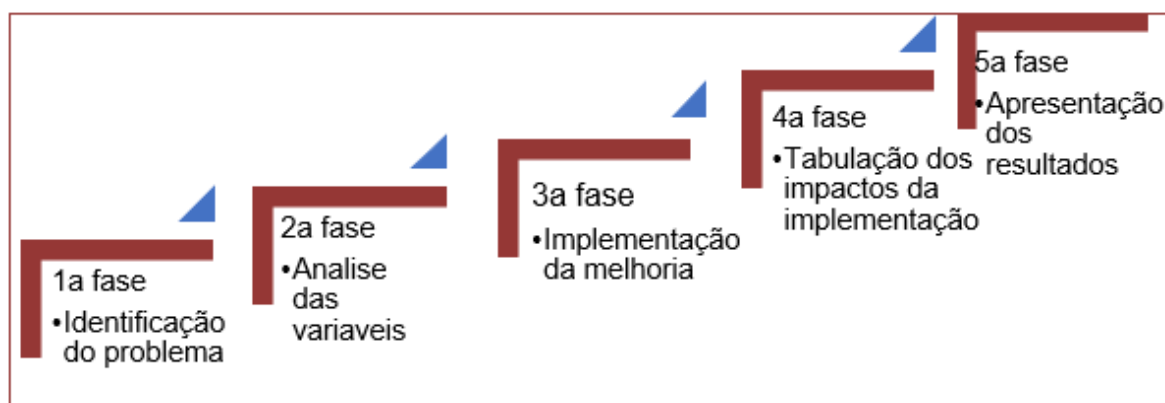
indústria de semicondutores com a finalidade de controlar os buracos externos durante o encapsulamento do BGA.

Os objetivos específicos são: estudar o processo de encapsulamento do substrato para manufatura do BGA; elencar os principais fatores que contribuem para o surgimento de buracos externos durante o encapsulamento do BGA; e apresentar proposta para controlar o surgimento de buracos externos durante o encapsulamento do BGA.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo trata-se de um estudo de caso desenvolvido na empresa S.A que está instalada na cidade de Manaus-AM. O intuito da pesquisa foi compreender como ocorre o encapsulamento do substrato para manufatura do BGA-Ball Grid Array (BGA) de uma indústria de eletrônicos com a finalidade de controlar os buracos externos durante o encapsulamento do BGA. O projeto compreendeu 4 fases que são apresentados na Figura 1.

**Figura 1:** Desenho da pesquisa



Fonte: Autores (2022)

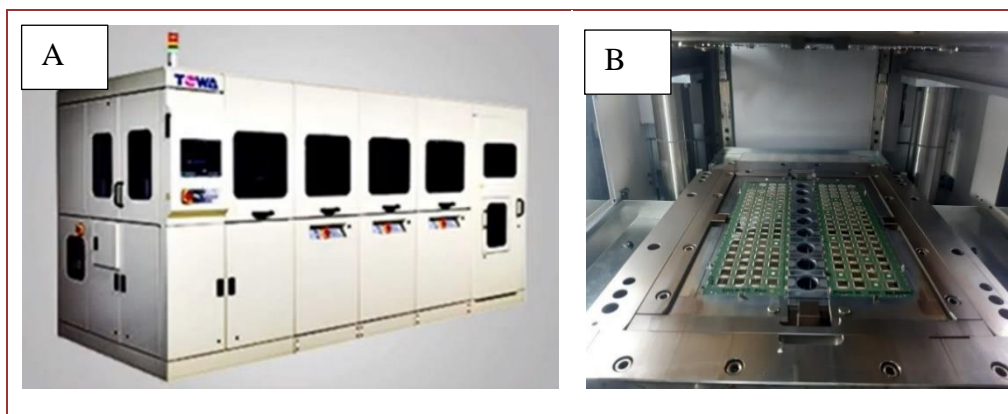
Conforme Figura 1 consistiu em cinco fases. A primeira fase foi realizar o levantamento das dificuldades encontradas por meio da descrição da problemática. A segunda fase é o desenvolvimento análise das variáveis que geram buracos externos durante o encapsulamento do BGA. A terceira consiste na implementação das mudanças no processo que é redução da espessura do die. A quarta fase trata-se da tabulação de dados após a mudança do processo de encapsulamento do BGA que descritos através de esquemas, tabelas e gráficos. A última fase é apresentação dos resultados que consiste descrição das melhorias obtidas no processo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. O PROCESSO DE ENCAPSULAMENTO DO BGA

O Ball Grid Array ou BGA é um dos métodos de encapsulamento utilizados para a conexão de componentes em circuitos integrados (Figura 2). Com uma grande quantidade de pinos, o BGA realiza a conexão por meio da soldagem de pequenas esferas com a fixação direta entre componente e placa.

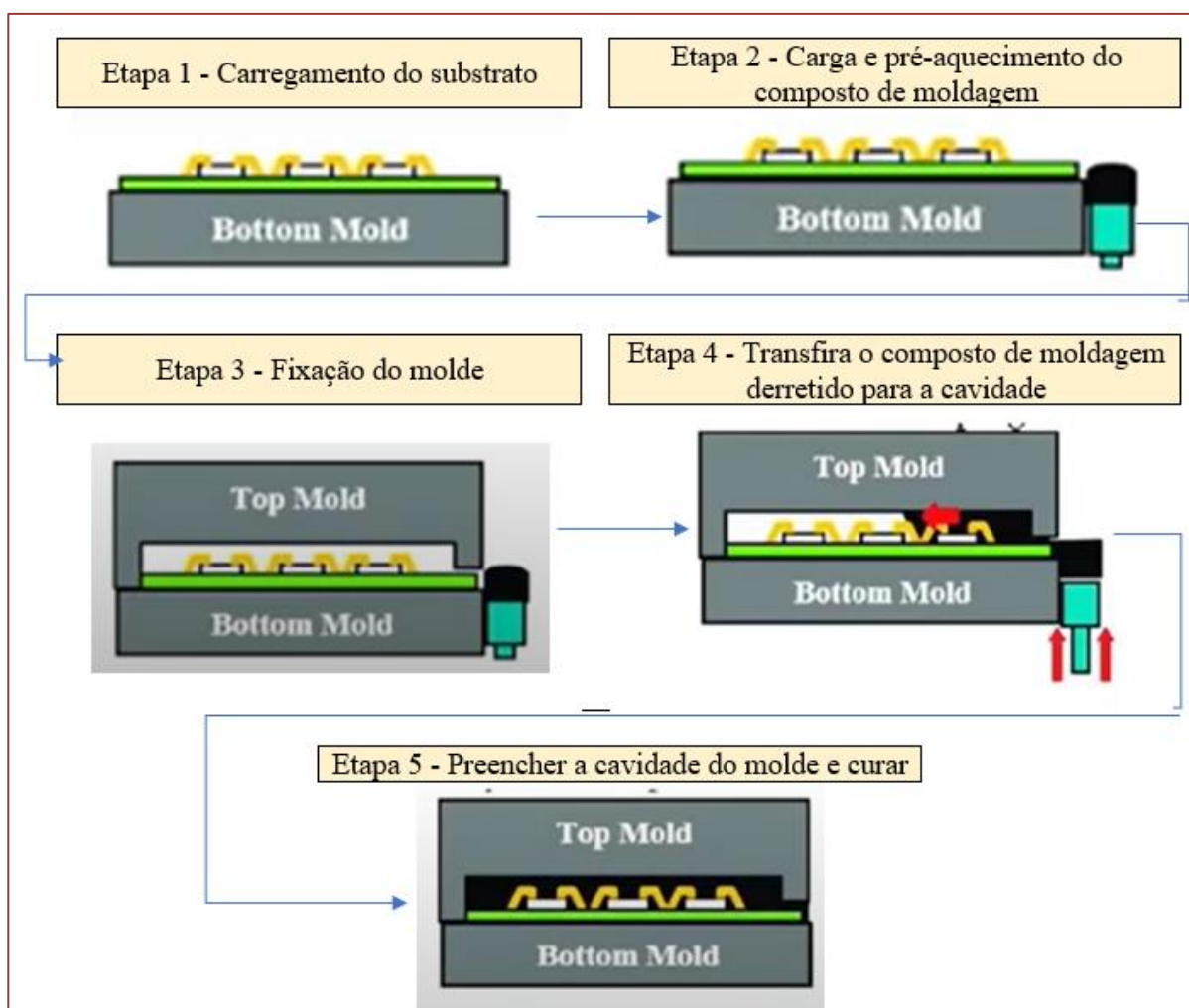
**Figura 2:** (A) Máquina e (B) Molde do encapsulamento do BGA



Fonte: Autores (2022)

A Figura 2 apresenta a máquina (figura 2-A) e um dos moldes (figura 2-B) usados no processo de encapsulamento do BGA, que devem oferecer uma fabricação precisa e resistência à abrasão. Na indústria analisada o BGA ocorre por compressão (Figura 3).

**Figura 3:** Etapas do processo de encapsulamento do BGA

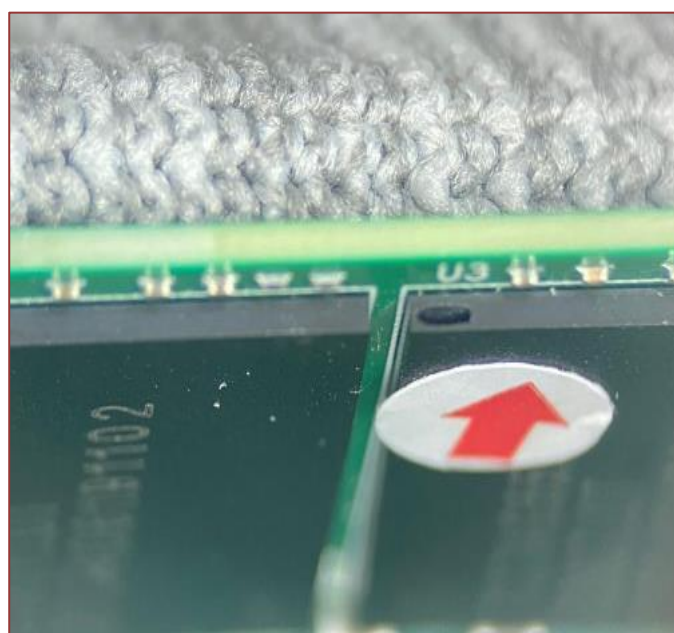


Fonte: Autores (2022)

### 3.2. DESCRIÇÃO DA PROBLEMÁTICA

A Figura 4 ilustra o processo de encapsulamento do BGA. O composto de molde epóxi subpreenchido (EMC) será dispensado de forma constante em um ou mais lados periféricos do BGA, que serve como entrada e flui para o espaço em direção aos lados opostos (saída) por meio de ação capilar. O processo de encapsulamento é importante para aumentar a confiabilidade do pacote de chip e serve como uma almofada para o pacote. O processo de encapsulamento do BGA, no entanto, sofre de preenchimento incompleto ou buracos externos durante o encapsulamento do BGA (Figura 3), o que é indesejável e tem sido considerado uma das principais causas de falha da embalagem.

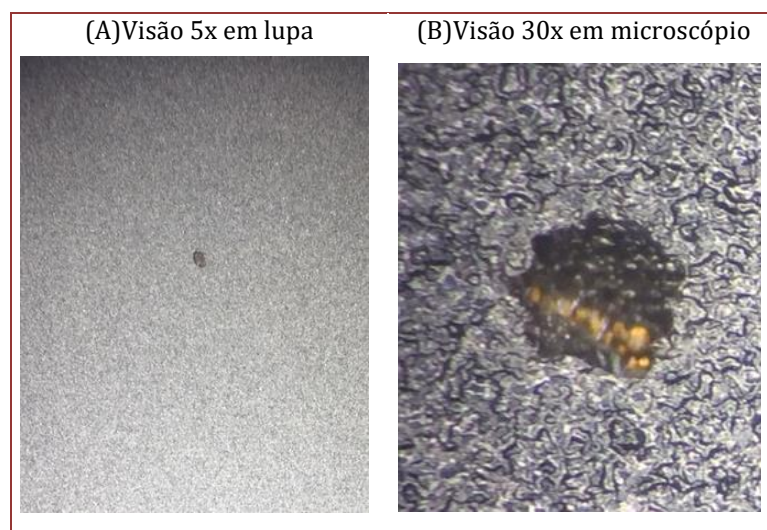
**Figura 4:** Buracos externos durante o encapsulamento do BGA



Fonte: Autores (2022)

Na Figura 4 mostra-se um buraco externo do SMT, que ocorreu durante o encapsulamento do BGA, de acordo com especificações é rejeitado se esse vazio na lateral for  $> 0,5$  mm de comprimento. Na Figura 5 é possível perceber os buracos vazios que ocorrem no encapsulamento do BGA. A Figura 5(A) é uma visão em lupa de aumentada cinco vezes e a Figura 5 (B) é uma visão microscópica reduzida 30 vezes.

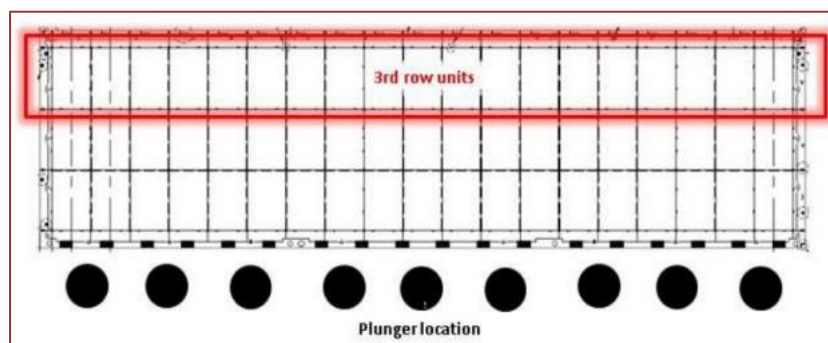
**Figura 5:** Buracos vazios em uma visão lupa e microscópica



Fonte: Autores (2022)

Foi detectado buracos de vazios externos no moldes durante o processamento do lote de 2 die<sup>1</sup> e 4 die. Em ambos os lotes, os buracos de vazios eram encontrados na última fileira da matriz onde também faz a saída de ar, como apresentados na figura 6.

**Figura 6:** Fileira da matriz com buracos de vazios



Fonte: Autores (2022)

Nos estudos de Abas et al. (2018) apontam que os efeitos combinados do método de dispensação e arranjo de orientação de saliência no processo BGA, bem como os métodos de distribuição são suscetíveis à formação de vazios devido ao efeito de entrada do epóxi.

<sup>1</sup> Um de material semiconductor no qual um terminado circuito funcional é fabricado.

### 3.3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DO CONTROLE DE BURACOS EXTERNOS DURANTE O ENCAPSULAMENTO DO BGA

O processo de encapsulamento em substrate direcionado para modelo BGA para semicondutores e a parte importante devido ao sua vantagem em proteger o circuito integrado (IC), composto por *flash memory*, *gold wire*, *controller* e o DIE, durante o processo de moldagem precisa que tenha um sincronismo nos parâmetros para que seja eficiente sem danificar ou empenar o fio de ouro ou sair do especificado que é definido pelo cliente, um dos materiais que precisam de controle de temperatura e o resina epóxi, pois ele é o principal material para que não haja erro durante a moldagem do substrato para o dispositivo BGA.

Entretanto, como exposto, foi verificado buracos de vazios nos lotes com 2 die e 4 die. Para resolução de tal problemática a solução implementada foi redução da espessura do die para aumentar a folga (gap) entre top da matriz e a cavidade do molde realizado de acordo com as especificações apresentadas no Quadro 1

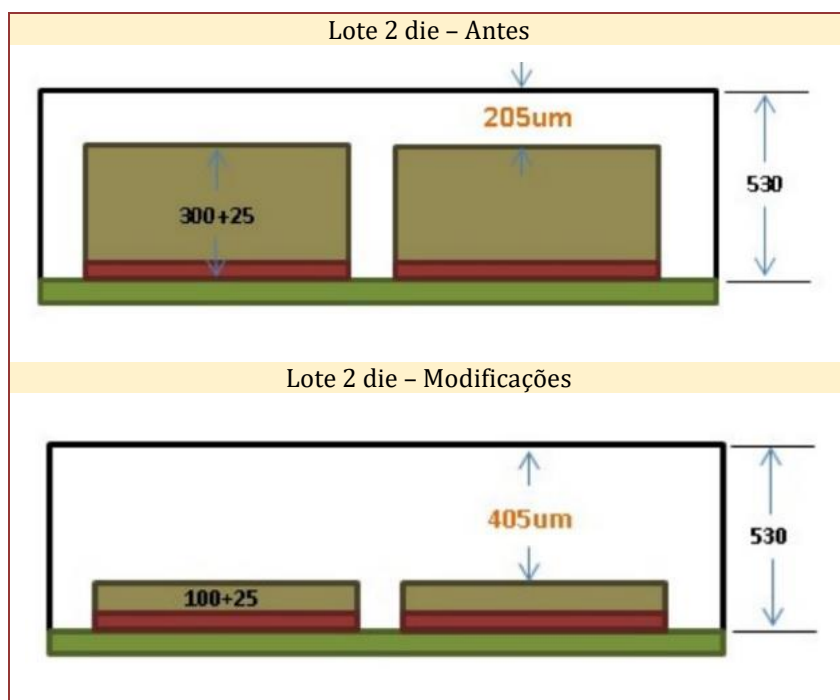
**Quadro 1:** Especificações de alteração

	ESPESSURA DA DIE		ESPESSURA DO DAF		GAP DO MOLDE	
	Antes	Modificações	Antes	Modificações	Antes	Modificações
Lote 2 die	300um	100um	25um	Sem alteração	205um	405um
Lote 4 die	120um	100um	25um	Sem alteração	240um	280um

Fonte: Autores (2022)

A Figura 7 é a representação do designer da arquitetura montados na matriz do 2 die, essas modificações permitem que a resina tenha uma entrada eficiente até completar o processo de encapsulamento e com isso eliminados os buracos externos de vazios.

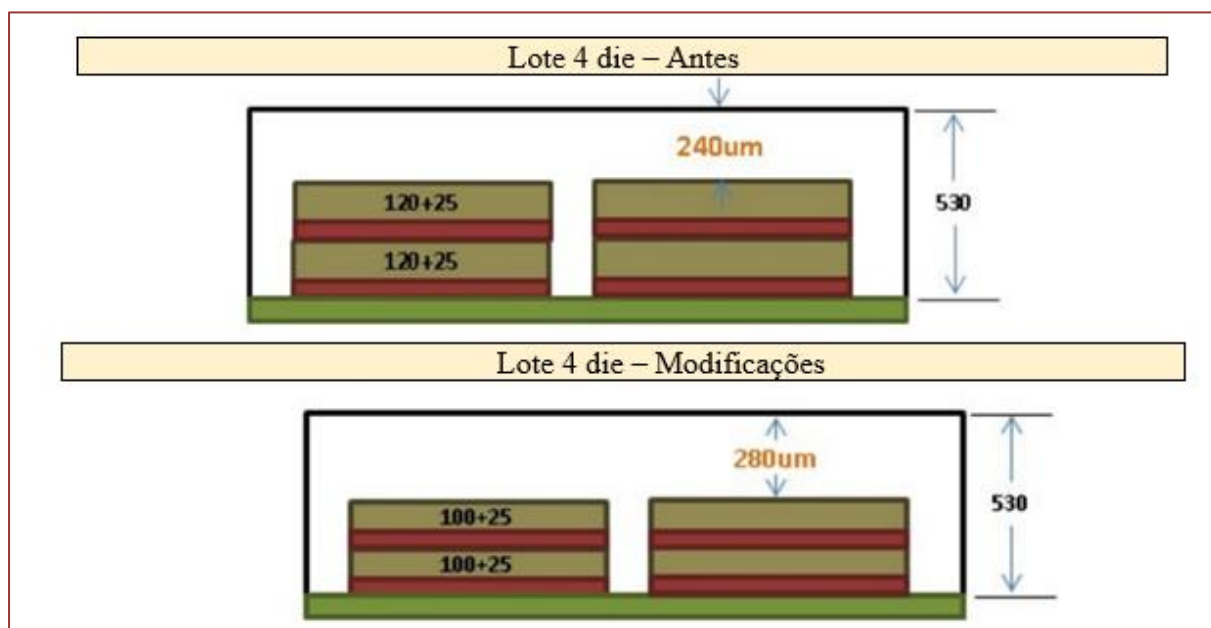
**Figura 7:** Designer da arquitetura dos dies montados na matriz do 2 die



Fonte: Autores (2022)

A Figura 8 é a representação do designer da arquitetura montados na matriz do 4 die.

**Figura 8:** Designer da arquitetura dos dies montados na matriz do 4 die



Fonte: Autores (2022)

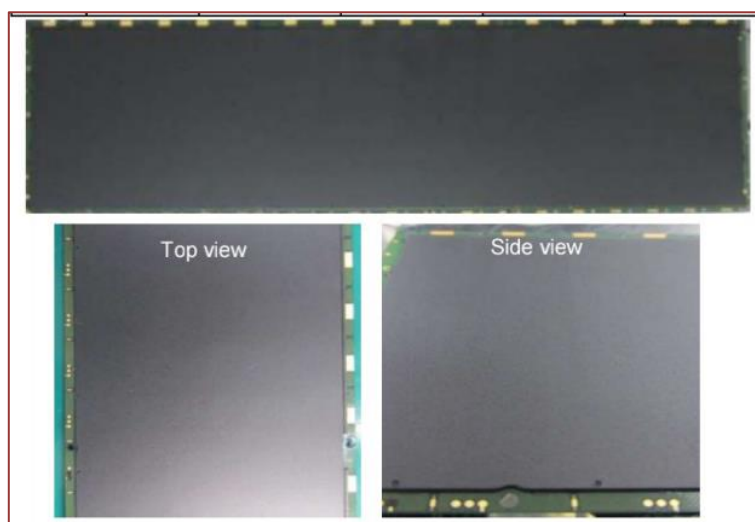
Tal resolução a problemática apresentada reduziu a espessura da matriz para aumentar a folga entre o topo da matriz e a cavidade do molde, o que incorpora a padronização da espessura da matriz 2 die e 4 die.

Diante do apresentado verifica-se que as variáveis pressão exercida no molde para o preenchimento completo e correto do BGA devem ser adaptadas para cada modelo de BGA, assim o tempo que utiliza-se para o enchimento.

Após essas mudanças todos os operadores receberam treinamento apropriado sobre as mudanças. Vale destacar que modelo, máquina e substrato se mantiveram as mesmas.

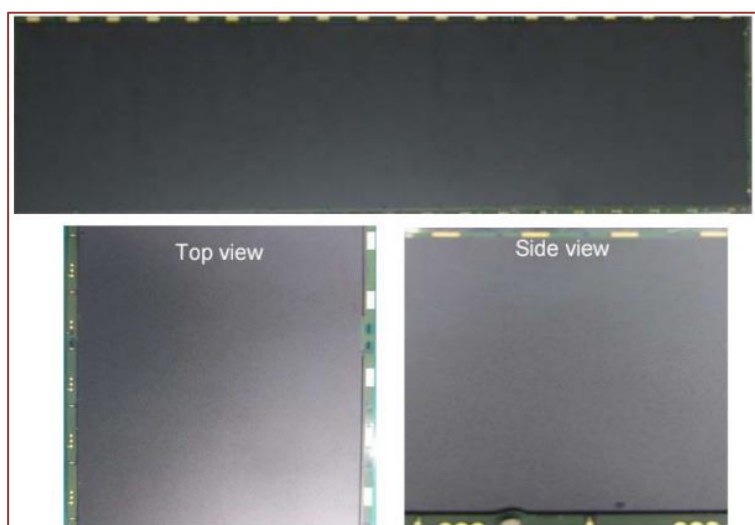
As figuras 9 e 10 são apresentadas a inspeção visual depois de realizado as modificações dos dies.

**Figura 9:** Inspeção visual do lote 2 die



Fonte: Autores (2022)

**Figura 10:** Inspeção visual do lote 4 die



Fonte: Autores (2022)

Conforme a inspeção visual apresentada nas Figuras 9 e 10 os lotes não apresentaram defeitos, ou seja, um aproveitamento de 100%, tornado uma melhoria vantajosa para a organização.

No estudo de Machado (2016) foi analisado o impacto dos diferentes fluxos no IC do BGA para a redução da ocorrência de defeitos. Obteve-se como resultado que o fluxo ideal depende do modelo de BGA, pois quando adaptado melhora a performance para realinhamento.

Cerqueira (2015) apontou em seu estudo que os materiais diretos utilizados em uma indústria de encapsulamento de semicondutores do tipo BGA demonstraram que é possível estabelecer uma metodologia baseada na matriz de priorização para os materiais diretos utilizados no encapsulamento de semicondutores.

Trabalhos de pesquisa anteriores mostraram que as variáveis de projeto, ou seja, altura da lacuna e tipo de orientação da saliência, bem como o método de distribuição, são os principais fatores que contribuem para a formação de vazios. Portanto, este trabalho estuda a formação de vazios e suas características no processo de encapsulamento dos modelos BGA de diferentes combinações das variáveis mencionadas e métodos de dispensação.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A previsão da ocorrência de vazios durante o processo de encapsulamento do BGA é vital para evitar falhas na modelagem devido ao preenchimento incompleto durante o processo de encapsulamento. Porém, conforme exposto foram detectados buracos de vazios no lote com 2 die e 4 die.

Para resolução da problemática e o preenchimento do BGA foram realizadas as modificações da espessura dos dies que ofereceram um fluxo de preenchimento do substrato com maior eficiência. Após a inspeção visual nos lotes não foram apresentaram defeitos, ou seja, um aproveitamento de 100%, tornado uma melhoria vantajosa para a organização.

Os resultados experimentais encontrados foram validados, pois fornecem informações adicionais para reduzir efetivamente a formação de espaços vazios durante o processo de encapsulamento.

As descobertas serviriam como uma visão útil para os fabricantes de eletrônicos industriais na eliminação dos defeitos de formação de vazios e preenchimento incompleto, melhorando e otimizando o processo de encapsulamento BGA.

Na construção deste trabalho verificou-se poucas pesquisas realizadas sobre o encapsulamento de BGA, e diante da limitação desta pesquisa sugere-se a realização de outros estudos sobre essa temática com a finalidade de debater continuamente o assunto e assim buscando soluções eficazes para a problemática apresentada bem como soluções tecnológicas mais avançadas e com isso oferecendo dispositivos com mais qualidade.



## REFERÊNCIAS

- [1] ABAS, Aizat et al. Effect of scale size, orientation type and dispensing method on void formation in the CUF encapsulation of BGA. *Sādhanā*, v. 43, n. 4, p. 1-14, 2018.
- [2] CERQUEIRA, Marnio Lucio Soares. Mapeamento estratégico dos materiais utilizados no encapsulamento de semicondutores. Dissertação (mestre em Engenharia Elétrica) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, São Leopoldo, RS, 2015.
- [3] CODÁ, Luiza Maria Romeiro. Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação. Apostila De Laboratório De Sistemas Digitais. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5130058/mod\\_resource/content/1/Apostila%20Sistemas%20Digitais%20I\\_2013.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5130058/mod_resource/content/1/Apostila%20Sistemas%20Digitais%20I_2013.pdf). Acesso em: 08 de dez. de 2022
- [4] COLLING, Fabiano Alex Avaliação numérica do empenamento durante a fabricação de semicondutores encapsulados pela tecnologia POP. Dissertação (mestre em Engenharia Mecânica) -- Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, São Leopoldo, RS, 2017.
- [5] GRION, Ágner. Proposta de um encapsulamento dedicado para sensor magnético. Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, São Leopoldo, RS, 2016.
- [6] LIMA, Danielle. Sistema Supervisor de Violação Física para Módulo de Segurança Criptográfica Trabalho de Graduação – Universidade de Brasília.Faculdade de Tecnologia, 2010.
- [7] LIMA, Ricardo Barbosa Estudo da aplicação do processo Pin-in-Paste na montagem de placas de circuito impresso usando pasta de solda lead-free (SAC) Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, 2017.
- [8] MACHADO, Tiago de Freitas. Análise de fluxos de solda e o impacto no processo de soldagem de esferas em encapsulamento do tipo BGA. Dissertação (mestrado)-Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica,2016.
- [9] PEREIRA, Felipe Ricardo Canezin. Estudo e implementação de um amplificador de áudio classe D utilizando tecnologia SMT. Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Eletrônico, Campo Mourão, 2017.
- [10] SOUSA, Reginaldo Ribeiro de. Metodologia de simulação numérica do comportamento térmico em equipamentos eletroeletrônicos. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2017.
- [11] ZANIN, Hudson Giovani. Desenvolvimento de eletrodos cilíndricos de diamante para tratamento de águas. Tese de Doutorado (Engenharia Elétrica) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2017.

# Capítulo 5

## *Retrofit de painéis elétricos de bombas, na Estação de Tratamento de Efluentes Industrial (ETEI) em uma empresa industriais do polo industrial de Manaus-AM*

*Anderson Mores Queiroz*

*Arthur Rodrigo do Nascimento Silva*

*Kate Suellen Gemaque Mota*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O Retrofit é o processo de atualização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma. O projeto tem como fundamento identificação e adequação de um painel elétrico de força e comando de Estação de Tratamento de Efluente Industriais (ETEI), com o intuito de normatizá-lo de acordo com a NR 10, que diz respeito à Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Para adequação proposta, realizou-se inicialmente um checklist de substituições dos equipamentos necessários e por fim um relatório justificando detalhadamente cada item necessário à substituição. As modificações foram executadas visando a segurança e eficiência energética das instalações com aplicação da NR 10 e posteriormente a proposta execução do Retrofit será aplicada a outros painéis de mesmas características e especificações técnicas. Conclui-se que o sistema elétrico da ETEI foi normatizado de acordo com as Leis Vigentes e conforme a NR 10, trazendo maior segurança, confiança e eficiência.

**Palavras -chave:** Retrofit; painel elétrico; NR10.

## 1. INTRODUÇÃO

Incessantemente, diversos profissionais que atuam na área de instalações elétricas, sejam eles: eletricitistas, técnicos em eletrotécnica, engenheiro eletricitista, eletromecânicos, ficam expostos a painéis elétricos. Caso estes painéis estejam desatualizados referentes as normas vigentes de segurança e proteção, se expande o risco de acidente do trabalho, que se tratando de energia elétrica podem ocasionar danos e prejuízos, como: morte devido ao choque elétrico e paralisação de um processo industrial por falta de energia elétrica.

Segundo KANTOR, L. (2019), Retrofit é o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma, devendo ser criada uma metodologia para realização deste trabalho. Com isso, o Retrofit voltado a NR 10 (2004) é o processo de modernização de algum equipamento já considerado obsoleto ou fora de norma, sendo substituição ou apenas a adequação.

O projeto tem como fundamento a substituição ou adequação de todos os painéis elétricos de força e comando, que apresentação irregularidade, da ETEI de uma empresa, do polo industrial de Manaus (PIM), com intuito de normatizá-los de acordo com a NR 10 (2004). A Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, aprova as Normas Regulamentadoras (NRs), relativas à segurança e medicina do trabalho, nelas são descritas as obrigações dos empregadores e empregados.

Esta empresa conta com 4 linhas de produção, cuja a soma da capacidade produtiva é de 170.000.000 litros de bebidas/mês. Esse artigo teve como objetivo avaliar a possibilidade de realização de uma adequação em painéis elétricos em Estação de Tratamento de Efluentes Industriais. Observando a segurança e eficiência de energia elétrica as instalações do cliente com aplicação da NR 10 (2004) em cada painel vistoriado. O sistema elétrico da empresa ficará normatizado de acordo com as Leis Vigentes e conforme a NR 10 (2004), trazendo para a aos empregados maior segurança.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Com objetivo de modernização dos painéis, foi elaborado um guia que busca ajudar a identificar cada uma das possíveis não conformidades dos componentes e dispositivos elétricos dos painéis. A partir da tabela elaborada, foi criada também uma ficha para registro das não conformidades encontradas. Segundo Shitsuka (2018), o conhecimento como forma de solução problemática, mais ou menos complexa, ocorre em torno do fluxo e refluxo em que se dá a base da idealização, pensamento, memorização, reflexão e criação, os quais acontecem com maior ou menor intensidade, acompanhando parâmetros cronológicos e de consciência do refletido e do irrefletido.

Com isso, observa-se que o Painel de força e Comando das Bombas (PNC111003) da ETEI, estava inadequado as normas, então o foi feita uma inspeção visual e testes em busca de identificar todas as intervenções necessárias para elaboração de uma lista de materiais a serem comprados para realização das substituições. Por fim, foram feitas a instalações previstas em busca do atendimento às normas vigentes e a segurança dos trabalhadores e perfeito funcionamento com componentes elétricos, visando o funcionamento contínuo de todo o processo.

A metodologia utilizada foi realizar estudo das normas vigentes e atualizadas referentes as medidas de segurança em circuitos elétricos e produção de painéis elétricos,

como os de comando e força. Assim monta-se um inventário de todos os componentes necessários para verificar se as peças estão adequadas a NR10, para certificar a necessidade de troca ou manutenção dos painéis.

Mediante essas informações acima, nota-se a importância da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais (ETEI) dentro dessa empresa e o funcionamento confiável de seus circuitos elétricos. Através dos dados levantados observar-se a necessidade de elaborar um Checklist para os painéis da estação. A Figura 1, registra as condições verificadas através de inspeção visual dos riscos existentes no painel de força do estudo proposto.

**Figura 1:** Painel de força antes do Retrofit



Fonte: Autores (2022)

Através deste trabalho de Retrofit voltado para as necessidades da NR-10 (2004), foi possível comprovar que sua aplicação é essencial para estabelecer os requisitos e condições mínimas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, trabalham com painéis elétricos.

Torna-se então necessária a criação de um sistema estruturado de informações sobre as condições atuais dos painéis elétricos, objetivando averiguar, através de inspeções e testes, as não conformidades que devem ser tratadas para realizar a prevenção contra acidentes com trabalhadores e falha no fornecimento de energia elétrica devido a problemas em painéis.

Depois de os materiais adquiridos, optou-se pela confecção de um novo painel, ficando claro que se tinha a disponibilidade da área para se fazer a reformar no local. Sendo priorizado, a compra de todo material pra fabricação pelos técnicos da própria empresa, dando ganho no custo alto do Retrofit.

A NR-10 (2004) é complementada por: NBRIEC-62271-200, NBR-IEC-60439-1/3, NBR-5410 e NBR-14039, que falam respectivamente sobre manobras em painéis e requisitos de construções. É importante ressaltar que aplicações de quadros iguais podem ser inadequadas em situações diferentes, dependendo do tipo de uso ou instalação do quadro.

Alguns outros perigos que os técnicos ficavam expostos era as sobretensões, que ocorriam devido ao desequilíbrio entre as tensões, o que resultava em desarmes constantes em painéis da ETEI. Segundo Maurício (2021), as sobretensões podem ser transitórias ou permanentes e são causadas, também, por problemas físicos da instalação elétrica como falha de isolamento, rompimento dos cabos de rede elétrica ou perda do neutro da instalação, podendo danificar o isolamento e provocando faíscas ou arcos elétricos. A principal consequência dessa anomalia, tem-se a queima de equipamentos elétricos e acidentes com técnicos.

A principal adequação que foi feita foi o uso da energia elétrica, em conformidade com a NBR 5410, a instalação elétrica deve ser adequada suficiente para proporcionar segurança, além de cumprir todos os requisitos para que haja bom funcionamento dos equipamentos, para o seu uso correto e assim, manter um funcionamento correto.

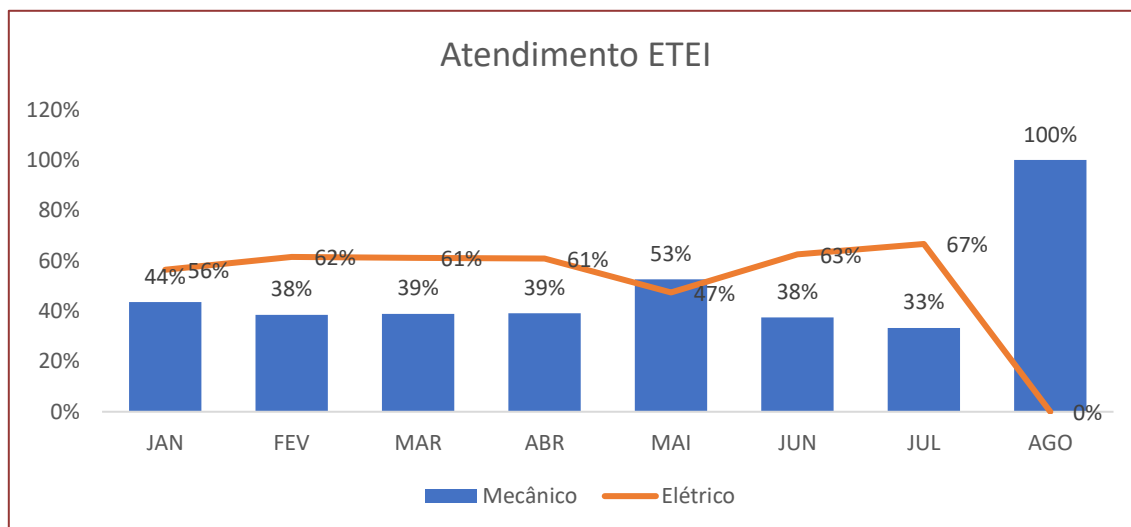
Muitos acidentes podem ocorrer em uma instalação elétrica mal dimensionada, segundo Maurício (2021) os acidentes estão atrelados a negligência, a falta de responsabilidade por parte de um engenheiro eletricista poderá ocasionar em acidentes, danos materiais, equipamentos queimados, incêndios nas instalações, ou até mesmo danos físicos, como choques elétricos ou lesões mais graves.

Com o término desse trabalho que contempla atender as necessidades de segurança da NR 10 (2004), que foi aprovado pelo engenheiro responsável da planta.

Por fim, fica claro que o sistema elétrico da empresa tornou - se normatizado de acordo com as leis vigentes e conforme a NR 10, trazendo maior segurança, confiança e eficiência.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Com medidas de reformas finalizados na estação, fizemos um histórico com os modos de falha antigos da ETEI. Em sua grande natureza temos uma evolução quanto aos itens de segurança e manutenção em acordo com os gráficos seguintes. Um dos pontos que é de grande relevância mencionar é a disponibilidade dos técnicos elétricos, que sempre atuavam na estação em um número maior, quando estávamos no período de chuva. Como foi feito histórico de atendimento por técnico, e por turno foi possível perceber um alto nível de atendimento devido à falta de segurança nesses sistemas elétricos.

**Gráfico 1: Atendimento Emergências ETEI**

Fonte: Autores (2022)

Ao analisarmos o Gráfico 1, é perceptível que a quantidade de atendimento ou intervenções não programadas dos técnicos eletricitas em painéis diminuiu expressivamente. Muitas intervenções não programadas, ou seja, atendimento emergencial, vinham acontecendo devido as más condições das instalações elétricas, evidenciando a exposição do técnico eletricitista a possibilidade de acidentes ou de deixar a ETEI com falta de energia.

As condições desses painéis estavam com bastante deterioramento forçado de suas instalações devido ao tempo e a falta de manutenção preventiva, o que acelerou o aumento das falhas. A manutenção em painéis elétricos industriais é essencial para garantir a segurança e o funcionamento dos painéis.

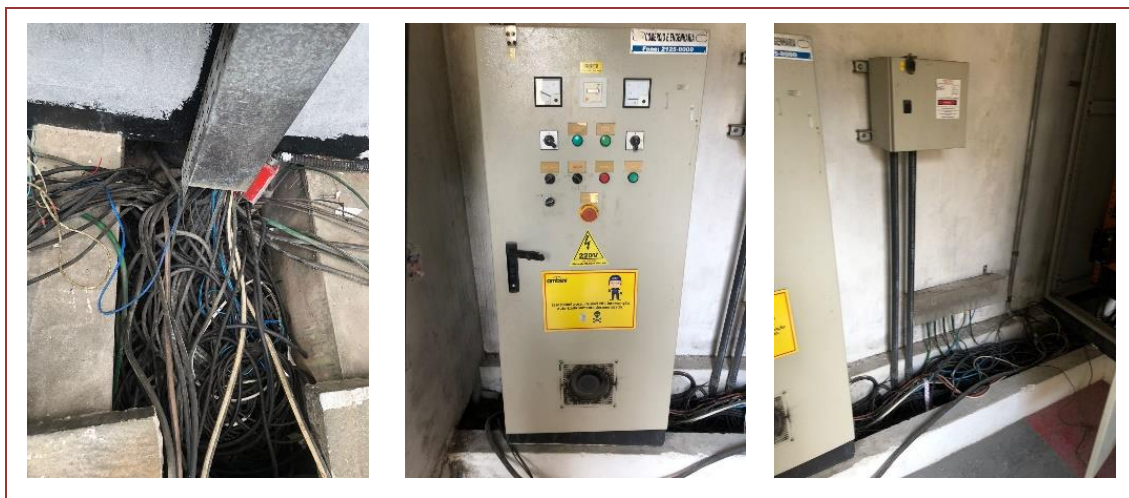
Mesmo assim, a manutenção em painéis elétricos industriais é recomendada para ser feita de forma preventiva devido a ocorrência de cargas elétricas mais robustas, que em contato com os componentes dos painéis, geram movimentação de parafusos e outras peças, resultado do choque de forças do sistema.

Um quadro de energia desregulado aumenta de forma considerável o gasto de energia elétrica em uma empresa. Caso haja componentes queimados, ele também deve ser trocado, para que não ocorram descompensação no equilíbrio do painel mantendo a conservação do painel recém reformado na ETEI.

Essas manutenções foram adotadas para que, assim essas falhas de caráter forçados, sejam acompanhadas e diminua os riscos de exposição a acidentes ao colaborador responsável pela manutenção.

Como pode-se observar na Figura 2, nota-se o grau de deterioração do sistema elétrico e sua fragilidade como um todo, o que deixava de atender as normas mínimas de segurança.

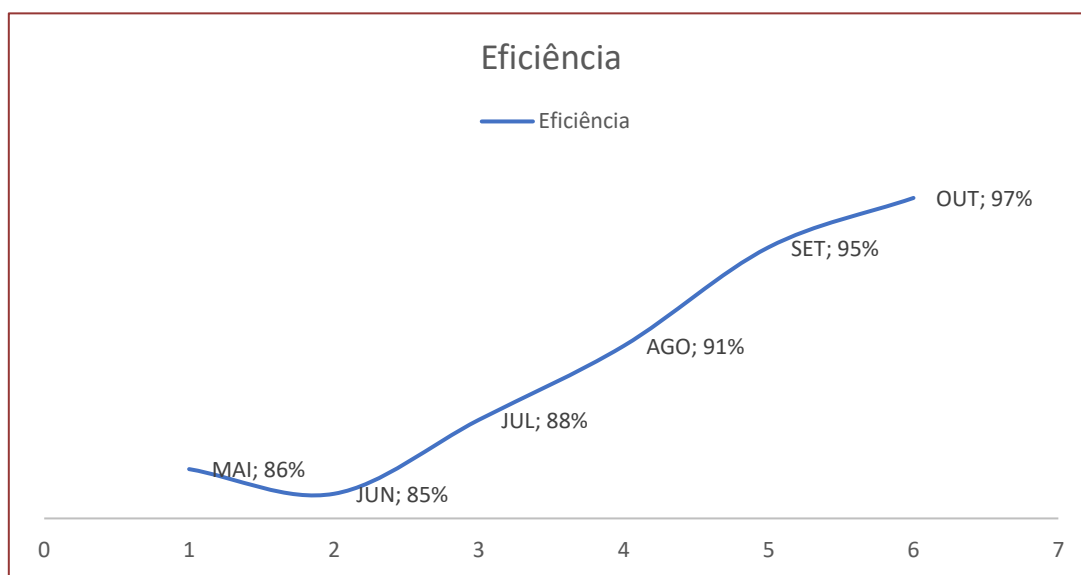
**Figura 2:** Painel de força antes do Retrofit



Fonte: Autores (2022)

Com a entrega do painel reformado, foi observado uma diminuição significativa no atendimento emergencial, como mostramos no Gráfico 1. Com a diminuição das paradas por falta de energia, houve um aumento circunstancial na eficiência da ETEI (Gráfico 2).

**Gráfico 2:** Atendimento Emergências ETEI



Fonte: Autores (2022)

Observa-se uma curva de crescimento substancial. Foi obtido um ganho de 10% na eficiência da ETEI no período de 4 meses, com isso a mão de obra dos técnicos eletricitas, que voltada para um atendimento emergencial, agora foi voltada a uma atuação de manutenção preventiva dos painéis. Foi possível realizar de forma programada as análises termográficas e inspeção dos circuitos elétricos. Dessa forma a manutenção preditiva nesse equipamento torna-se um fator ímpar na minimização de prejuízos ao processo produtivo por paradas não previstas.

Segundo Almeida (2021), a termografia é uma técnica que detecta a radiação infravermelha que um objeto emite, que é invisível ao olho humano, transformando-a em imagens térmicas, e assim possibilitando convertê-las em leituras de temperatura. A termografia caracteriza-se por ser um modelo de inspeção sem contato e não invasiva, de rápida aplicação e utilizada em diversos setores na indústria, tais como: painéis elétricos, inspeções em subestações.

A inspeção tem o objetivo de identificar possíveis não conformidades tais como: elevações térmicas ou fluxo anormal de cargas elétricas. Avaliando assim necessidade de ajustes que promovam a conservação (bom estado) de toda a instalação e dos equipamentos, a segurança dos trabalhadores, bem como reduzir o número de manutenções corretivas emergenciais simultaneamente, permite mostrar uma representação visual dessa temperatura e oferece uma solução de manutenção mais rápida, fácil e com melhor relação custo-benefício.

A inspeção de painéis elétricos é de suma importância para execução das atividades habituais das indústrias, dessa forma a manutenção preditiva nesse equipamento, torna-se um fator ímpar na minimização de prejuízos ao processo produtivo por paradas não previstas.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através deste trabalho de Retrofit voltado para as necessidades da NR-10 (2004), foi possível comprovar que sua aplicação é essencial para estabelecer os requisitos e condições mínimas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, trabalham com painéis elétricos.

Torna-se então necessária a criação de um sistema estruturado de informações sobre as condições atuais dos painéis elétricos, objetivando averiguar através de inspeções e testes as não conformidades que devem ser tratadas para realizar a prevenção contra acidentes com trabalhadores e falha no fornecimento de energia elétrica devido a problemas em painéis, ainda mais tratando-se da estação de tratamento de efluentes. A NR-10 (2004) é complementada por: NBRIEC- 62271-200, NBR-IEC-60439-1/3, NBR-5410 e NBR-14039.

É importante ressaltar que aplicações de quadros iguais podem ser inadequadas em situações diferentes, dependendo do tipo de uso ou instalação do quadro.

Conclui-se que este trabalho de Retrofit voltado para as necessidades da NR 10 (2004) foi aprovado e está sendo executado em 7 painéis elétricos. Retrofit voltado a NR 10 (2004) é o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma, sendo a substituição ou apenas a adequação.

Por fim, fica claro que o sistema elétrico da ETEI se tornou normatizado de acordo com as leis vigentes e conforme a NR 10, trazendo maior segurança, confiança e eficiência. Para trabalhos futuros recomenda-se a avaliação da aplicação da NR-10 (2004) em supermercados, observando tanto os aspectos de segurança, como de eficiência energética.



## REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: NR 10, 2004.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - NBR 5410:2004, versão corrigida, 2008.
- [3] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas – Ensaio não destrutivo - Termografia – Terminologia: NBR 15424, 2016.
- [4] ALMEIDA JUNIOR, Carlos Roberto. Aplicação de técnicas de manutenção preditiva nas inspeções de rotina de uma montadora automobilística. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5984/1/Carlos%20Roberto%20de%20Almeida%20Junior%20-%20Gustavo%20Rodrigues%20Braga.pdf> Ac Acesso em: 14 de out. de 2022.
- [5] BIANCHI, F. Apresentação de metodologias para "retrofitting" de células automatizadas de manufatura para o conceito de indústria 4.0.1 recurso online (238 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2018.
- [6] KANTOR, L. O que é retrofit? Entenda melhor essa tendência da Arquitetura e Design. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/pro/o-que-e-retrofit-conheca-essa-tendencia-e-como-ela-pode-ser-aplicada/>>. Acesso em: 13 de out. de 2022.
- [7] MAURÍCIO, Clarisse Freire Barboza. Adequação de instalações elétricas às normas vigentes: Estudo de caso. Campina Grande. Ano 2021. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/27613/1/CLARISSE%20FREIRE%20BARBOZA%20MAUR%C3%8dCIO%20-%20TCC%20ENG.%20EL%20c3%89TRICA%20CEEI%202021.pdf>. Ac Acesso em: 13 de out. de 2022
- [8] RESENDE, André Alvez Manutenção produtiva total TPM, 2020 Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_tn\\_sto\\_195\\_105\\_24987.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_sto_195_105_24987.pdf) Acesso em: 11 de out. de 2022
- [9] SIMONETTI, R. M. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, 2019. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/NRs/portaria-n-916-nr-12-anexos.pdf>>. Acesso em: 01 de out. de 2022
- [10] SOUSA, C. A. A importância dos dispositivos e sistemas elétricos de segurança para a extinção ou diminuição de riscos ao trabalhador nas operações com máquinas e equipamentos. Engenharia de Segurança do Trabalho - Especialização, 2020.

# Capítulo 6

## *Automação residencial para monitoramento de gás por meio do microcontrolador ESP 32 e IOT*

*Antônio Joaquim Alves Martins*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O mercado da automação residencial ultrapassou a fase de ser algo de “ostentação” e passou a servir como um sistema que proporciona melhor qualidade de vida, conforto e segurança aos seus usuários. Com o aumento de incêndios e acidentes domésticos causados pelo vazamento e explosão de cilindros de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) ou gás de cozinha, os indivíduos têm apresentado bastante preocupação. Dessa forma, a automação residencial entra como uma maneira de passar mais segurança para os moradores de uma residência. Diante disso, este trabalho tem como objetivo apresentar um protótipo que detecta possíveis vazamentos de gás de cozinha. Assim, as pessoas irão garantir maior segurança nas suas residências, com um investimento, relativamente, baixo.

**Palavras-chave:** Automação domótica; segurança; gás de cozinha.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a sociedade está vivenciando a era do “mundo da Internet”, onde grande parte dos dispositivos físicos são controlados e monitorados, utilizando recursos tecnológicos. De acordo com o estudo realizado por Mahamud et al. (2019), a base instalada de dispositivos conectados à Internet das Coisas (IoT) em todo o universo, entre 2015 e 2025 será de 75,44 bilhões. Com o advento de softwares de reconhecimento vocal, como o Amazon Alexa, há uma grande demanda para a automação domótica, mais conhecida como automação residencial inteligente e de baixo custo.

A IoT tem sido efetivamente utilizada em várias áreas de gerenciamento de redes. Pode-se citar como exemplo a área da saúde, onde a pressão arterial, frequência cardíaca e outros podem ser monitorados regularmente, por meio dessa tecnologia (SILVA, 2022). Semelhante a essas vantagens, a IoT oferece muitas inovações em sistemas de automação residencial.

Na automação residencial, a IoT desempenha um papel importante, monitorando e controlando as condições ambientais, além de comandar dispositivos de um local remoto. Todo esse avanço tecnológico permitiu administrar sistemas de itens comuns, fazendo com que as máquinas se comuniquem entre elas, por meio de uma interação humana. Dessa forma, existe um sistema único de ubiquidade dentro da rede de comunicação.

De acordo com a Associação Brasileira de Automação Residencial e Predial (Aureside), existe um grande potencial para o fornecimento de equipamentos para automação de 1.8 milhão de residências. Estima-se que, aproximadamente, 300 mil residências brasileiras já possuam a tecnologia de automação residencial (AURESIDE, 2020).

Em âmbito mundial, há uma média de 66% das pessoas que têm interesse pela automação residencial. Já no Brasil, esse número cresce para 78% (VIEIRA, 2019). O número dos usuários da automação residencial cresce a cada ano, segundo a Forbes (2022), em 2016 o número de casas automatizadas não passavam de 300 mil e há uma previsão de um crescimento de 22% até 2025 (FORBES, 2022).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo propor um projeto de automação residencial que seja responsável por gerar mais segurança, em relação a possíveis vazamentos de gás, aos moradores de uma residência, utilizando a abordagem da Internet das Coisas (IOT).

Dessa forma, a automação residencial entra como um sistema de segurança para evitar possíveis acidentes, deixando de ser artigo de luxo e passando a servir como um sistema que proporciona melhor qualidade de vida, segurança e conforto aos seus usuários.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo aborda a elaboração de um projeto que visa gerar maior segurança aos moradores de uma residência, por meio de um sistema de automação domótica que detecta possíveis vazamentos de gás. Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário seguir as seguintes etapas: (I) Identificação dos dispositivos eletrônicos que farão parte do sistema, (II) Simulação do protótipo por meio do software Proteus; (III) Teste e análise dos resultados.

O Quadro 1 mostra os softwares utilizados para o desenvolvimento do sistema.

**Quadro 1:** Softwares utilizados no sistema

Software	Descrição
<b>ARDUINO IDE</b>	Ambiente de desenvolvimento utilizado para a implementação da programação.
<b>Proteus</b>	Ambiente de desenvolvimento de projetos elétricos/eletrônicos. Versão: 8.0

Fonte: Autores (2022)

O Quadro 2 mostra os componentes de hardwares utilizados.

**Quadro 2:** Hardwares utilizados no sistema

Hardware	Descrição
<b>ESP32</b>	Microcontrolador utilizado para acionamento do sensor
<b>MQ-02</b>	Sensor de gás
<b>Led</b>	Havendo vazamento de gás acende o vermelho, não havendo, acende o verde

Fonte: Autores (2022)

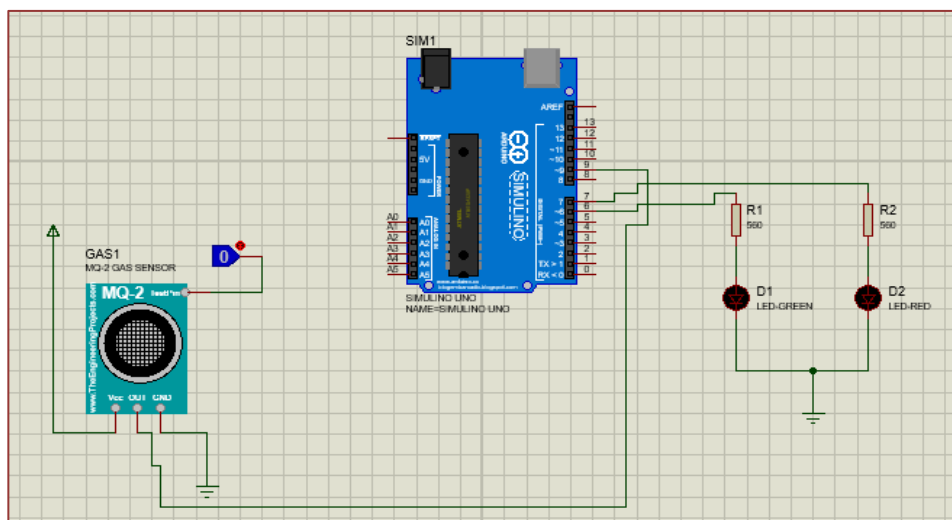
Atualmente, o monitoramento de possíveis vazamentos de gás tem a capacidade de identificar vazamentos de acordo com sua proporção em relação ao oxigênio do ambiente, entretanto praticamente todos esses equipamentos somente alertam os indivíduos que estão muito próximos do sistema de automação, por meio avisos sonoros e/ou visuais.

Dessa forma, o indivíduo que estiver próximo tentará cessar o problema, podendo causar outro maior ainda, caso ele não saiba exatamente o que fazer. Em relação a residências em condomínios, os vizinhos poderão não ouvir o sinal sonoro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio do software Proteus foi possível projetar e simular o funcionamento do sistema (Figura 1).

**Figura 1:** Projeto de detecção de vazamento de gás utilizando o sensor MQ-2



Fonte: Autores (2022)

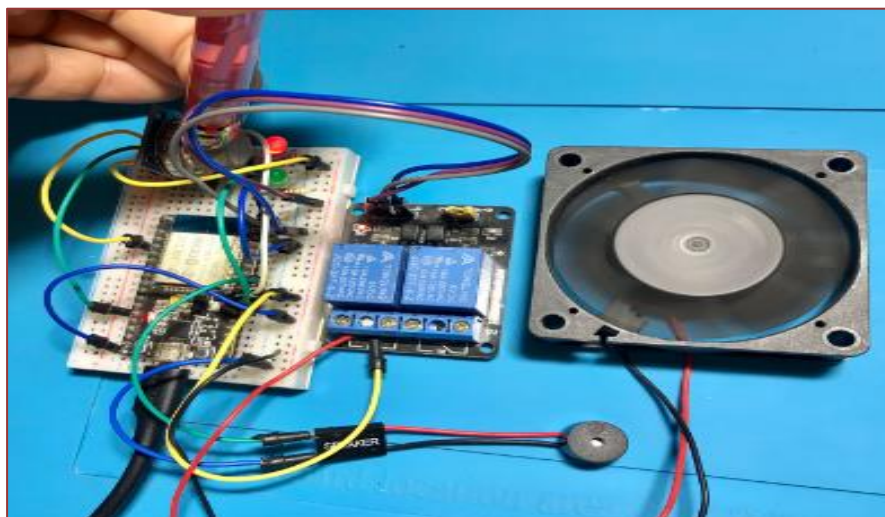
Para simulação foi utilizado o sensor de gás MQ-2, dois leds (vermelho e verde) e o Arduino UNO. Esse sensor é capaz de detectar concentrações de gases combustíveis e fumaça no ar. É definido por Da Silva (2021) como um módulo confiável e simples de usar nos projetos de automação residencial com Arduino, por exemplo. Também é uma ótima opção para acionar um microcontrolador ou relés.

O sensor de gás está conectado no pino 9 do arduino. Para ele funcionar, tem que estar conectado ao ground e ter uma fonte. Nos pinos 7 e 6 estão conectados os Leds que, quando ocorre vazamento de gás, o led vermelho liga e quando não ocorre, o led verde fica ligado.

Para a montagem do protótipo, foi necessária uma placa protoboard, o sensor de gás MQ 2, um buzzer, uma caixa cooler, 2 leds e o microcontrolador ESP 32 (Figura 2).

Observa-se que, quando há presença de gás, o led vermelho é acionado.

**Figura 2:** Protótipo



Fonte: Autores (2022)

O investimento para a realização do protótipo foi de, aproximadamente, R\$85. Após montar o microcontrolador e rodar o aplicativo, foram realizados testes para verificar o funcionamento do sistema de automatização residencial com foco em segurança. O teste do sensor de captura de gás do sistema foi realizado em um ambiente seguro e controlável, permitindo que vazamentos de gás sejam controlados e testes realizados com segurança.

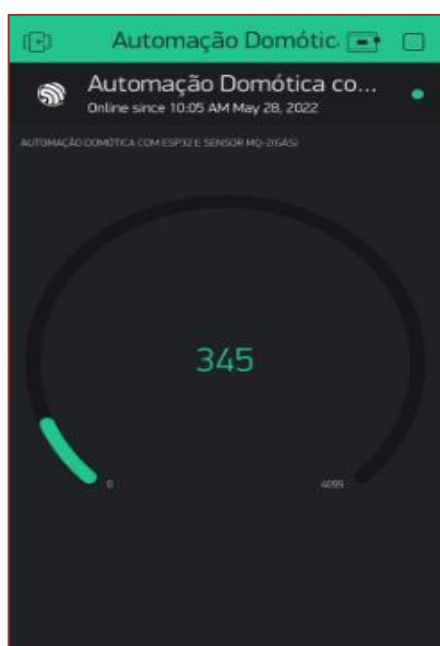
Para realizar a programação do ESP 32, foi utilizado o próprio ambiente de desenvolvimento do Arduino denominado IDE Integrated Development Environment, sendo os sistemas operacionais (Windows, Linux e Mac) disponibilizados gratuitamente no site oficial do Arduino.

O Arduino IDE tem principalmente três funções: habilitar o desenvolvimento de software, carregar o software desenvolvido para a placa executável e interagir com a placa Arduino. Com a plataforma é possível fazer com que a placa se comunique com componentes externos através de ligações controladas e programadas (SIGAKI et al., 2017).

A plataforma utiliza uma linguagem baseada em C e C++ que, para Alexandre (2020), é uma grande vantagem por ser uma linguagem amplamente utilizada e ter uma estrutura simples. Mesmo pessoas sem conhecimento de programação podem aprender e escrever programas rapidamente.

Na Figura 3 é possível ver a tela do aplicativo Blynk. Toda comunicação hardware-software foi realizada por meio desse aplicativo. O Blynk é um aplicativo disponível para Android e iOS que permite aos usuários customizar e controlar remotamente hardware programável, bem como transmitir dados do hardware para o aplicativo. Em determinados espaços de cada projeto, os usuários podem inserir “widgets” que implementam funções de controle (botões, sliders, teclas etc.), notificações e leitura de dados de hardware (displays, gráficos, mapas) (BORGES, 2021).

**Figura 3:** Aplicativo Blynk



Fonte: Autores (2022)

Quando o gás do sensor é liberado, imediatamente o sistema envia os valores captados para o aplicativo via Bluetooth (Figura 3), que por sua vez exibe os valores na tela e quando atinge o nível de gás acima de 10 %, o usuário será avisado por meio de um alerta via aplicativo correspondente em caso de vazamento.

De acordo com Vasconcelos (2021), seu funcionamento ocorre por meio de toda a comunicação entre o aplicativo e o hardware do usuário através da nuvem Blynk. O servidor é responsável por transferir dados para o hardware, armazenar os estados do aplicativo e do hardware e armazenar os dados do sensor lidos pelo hardware, mesmo quando o aplicativo estiver fechado.

Para gerar a aplicação que é responsável pela interação com o usuário, foi necessário baixar o aplicativo mobile para Android e iOS através da loja virtual do aparelho. Após instalar, foi necessário criar uma conta em "Construir um novo projeto". Após a criação da conta, é gerado um número de autenticação Token que é utilizado na programação para comunicação, este número pode ser enviado via e-mail ou simplesmente copiado para a área de transferência.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vazamentos de gases em uma residência podem ocasionar danos irreversíveis ou até fatais, o presente projeto visa a segurança de todos os seus usuários, após a simulação e execução do sistema obteve-se êxito no desenvolvimento do protótipo. Para melhor entendimento do funcionamento dos dispositivos foi realizada a simulação por meio do software proteus. Essa simulação foi relevante para entender como é realizado as ligações das ferramentas eletrônicas com o microcontrolador.

Dessa forma, o protótipo foi criado com sucesso. O valor investido para a sua criação foi de apenas R\$85, um valor, relativamente, pequeno e que irá garantir maior segurança para os moradores de uma residência, evitando possíveis acidentes por causa de possíveis vazamentos de gás. Assim, todos os objetivos traçados foram alcançados com sucesso.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ALEXANDRE, Daniel Limas. Automação residencial de monitoramento de gás por meio da plataforma Arduino e IOT (artigo publicado). Universidade Extremo Sul Catarinense. 2020.
- [2] AURESIDE. Automação Residencial: demanda na Construção Civil. 2020. Disponível em: <http://www.aureside.org.br/noticias/automacao-residencial--demanda-na-construcao-civil>.
- [3] BORGES, Daniela Freitas et al. Prototipagem de um sistema de alarme controlado pelo aplicativo Blynk. *Engenharias em foco*, p. 103, 2021.
- [4] DA SILVA, Ana Clara Carlos Gomes. Sistema de detecção de gases tóxicos e inflamáveis com sinal de alerta e ativação de exaustores utilizando arduino. 2021. Monografia de graduação. Curso de engenharia elétrica. – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia-GO, 2021.
- [5] FORBES. Montar uma casa inteligente: quanto custa e do que você precisa?. 2022. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-tech/2022/03/quanto-custa-montar-uma-casa-inteligente-no-brasil/>.
- [6] MAHAMUD, Md Sadad et al. Domicile-an IoT based smart home automation system. In: 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST). IEEE, 2019. p. 493-497.
- [7] SIGAKI, L. H. et. al. Automação residencial controlada via rede de internet e integrada com dispositivos móveis. 2017 Faculdade Cidade Verde. Maringá – PR, 2017.

- [8] SILVA, Laerty Santos da. Monitoramento do balanço hídrico de uma residência: uma abordagem prática utilizando IoT. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de engenharia da computação. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba Campus Campina Grande. Campina Grande, 2022.
- [9] VASCONCELOS, Alexandre dos Santos et al. Levantamento dos parâmetros que definem a qualidade de energia elétrica e desenvolvimento de um sistema de monitoramento de consumo de energia elétrica residencial. 2021. Trabalho de conclusão de curso. Curso de engenharia elétrica. Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2021.
- [10] VIEIRA, Talles Henrique. Automação e sustentabilidade: aplicação da energia solar aliada à domótica. 2019. 59 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.



# Capítulo 7

## *Proposta de redução de falhas em motores industriais através da interligação de rede de comunicação PROFIBUS*

*Arthur Rodrigo do Nascimento Silva*

*Anderson Mores Queiroz*

*Kate Suellen Gemaque Mota*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O setor industrial tem se deparado cada vez mais com a necessidade de processos robustos, velozes e confiáveis, com um alto grau de controle e monitoramento. A solução veio através da automação industrial, e a opção por utilizar-se de redes industriais é uma forte tendência. O Sistema PROFIBUS, derivada do FIELDBUS, é um dos padrões de rede mais difundidos no mercado e traz uma série de vantagens, como padronização entre diferentes fabricantes, alta velocidade de dados, além de redução no custo de instalação e manutenção. Ao longo deste trabalho será apresentado a aplicação desta rede de comunicação em máquinas de compressão de ar. Com a utilização do PROFIBUS mostrou-se satisfatória nesse caso principalmente no que diz respeito à simplicidade de instalação, economia considerável de cabos e sua clareza estética, além de uma comunicação confiável entre o Controlador Lógico Programável e os inversores. Todos esses processos desenvolvidos permitiram amplo entendimento da realidade e do futuro das indústrias, onde a automação das máquinas são um ganho de eficiência e qualidade de vida para o trabalhador em uma célula produtiva.

**Palavras-chave:** Automação Industrial; redes industriais; PROFIBUS.

## 1. INTRODUÇÃO

O PROFIBUS começou com a ousadia de um projeto da associação apoiado por autoridades públicas, que iniciou em 1987 na Alemanha. Dentro do contexto deste projeto, 21 companhias e institutos uniram forças e criaram um projeto estratégico em Fields. O objetivo era a realização e estabilização de um barramento de campo bitserial, sendo o requisito básico a padronização da interface de dispositivo de campo, por esta razão, os membros relevantes das companhias do ZVEI (Associação Central da Indústria Elétrica) concordaram em apoiar um conceito técnico mútuo para manufatura e automação de processos (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

Hoje, o PROFIBUS é o barramento de campo líder no mercado mundial e que completou 21 anos de oficialização. no Brasil, desde 1997 algumas empresas já se reuniam com o intuito de se criar uma associação Profibus, e com isto nasceu em 10 de maio de 1999 a Associação PROFIBUS Brasil, hoje também responsável pela América Latina. O seu principal objetivo é o de disseminar informações sobre o padrão PROFIBUS e possibilitar a integração e cooperação entre as empresas que utilizam o protocolo PROFIBUS. São 10 anos de organização e que fortaleceu a presença da tecnologia Profibus no Brasil e na América Latina (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2010).

Foi feito a acompanhamento de 5 semanas de atividades dentro da empresa, para se levantar os dados necessários, para aplicação do estudo de interligação das 3 máquinas, que juntas somam 18 bar de pressão na saída. Foi feito um gráfico com a quantidade de acionamentos manuais feitos pela operação e a concentração de vezes que os compressores entraram para bastecer as linhas. Com isso buscamos a quantidade partidas com capacidade em 100%, o que aumenta significativamente o consumo de energia da fábrica.

O PROFIBUS é um padrão de rede de campo aberto e independente de fornecedores, onde a interface entre eles permite uma ampla aplicação em processos, manufatura e automação predial. Esse padrão é garantido segundo as normas EN 50170 e EN 50254. Desde janeiro de 2000, o PROFIBUS foi firmemente estabelecido com a IEC 61158, ao lado de mais sete outros fieldbuses. A IEC 61158 está dividida em sete partes, nomeadas 61158-1 a 61158- 6, nas quais estão as especificações segundo o modelo OSI. Mundialmente, os usuários podem se referenciar a um padrão internacional de protocolo aberto, cujo desenvolvimento procurou e procura a redução de custos, flexibilidade, confiabilidade, segurança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores. Hoje, estima-se que exista, um número próximo há 30 milhões de nós instalados com tecnologia Profibus (SMAR, 2010).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Profibus, acrônimo de Process Field Bus, é um padrão de rede de comunicação industrial aberto utilizado, principalmente, para a interconexão de controladores digitais com sensors/atuadores (do nível de campo ao nível de célula), tanto para transmissão de dados em alta velocidade como em serviços de comunicação especiais. Por ser um padrão aberto, sua independência de fabricante e padronização são garantidas pelas normas EN50170 e EN50254. Assim, dispositivos com fabricantes distintos podem se comunicar sem a necessidade de qualquer adaptação em suas respectivas interfaces.

Em uma fábrica do Polo Industrial de Manaus, que conta com 4 linhas de produção, cuja a soma da capacidade produtiva é de 170.000.000 litros de bebidas/mês, possui 3

unidades de máquinas que comprimem o ar, do modelo ZR 160 Atlas Copco. As mesmas são controladas por inversores do modelo ABB ACS580-01-500kW, que tem saída de comunicação em Profibus.

Com à alta demanda de consumo de ar comprimido da fábrica, que tem uma modulação entre 5,5 e 6,0 bar de abastecimento. Ocorre um grande consumo de energia por falta de modulação das cargas entre as máquinas, que sempre entram em pico de consumo conforme a necessidade as áreas consumidoras. Com este projeto de comunicação que desempenhará o melhor rendimento e eficiência no consumo de energia, com o protocolo Profibus objetivou-se a redução de custos, flexibilidade, confiança, orientação ao futuro, atendimento as mais diversas aplicações, interoperabilidade e múltiplos fornecedores. Com os constantes acionamento manuais das máquinas, a empresa pede muita produtividade, eficiência energética e tem um aumento substancial de consumo de energia. Sabe-se do compromisso da empresa com a alta eficiência em suas operações.

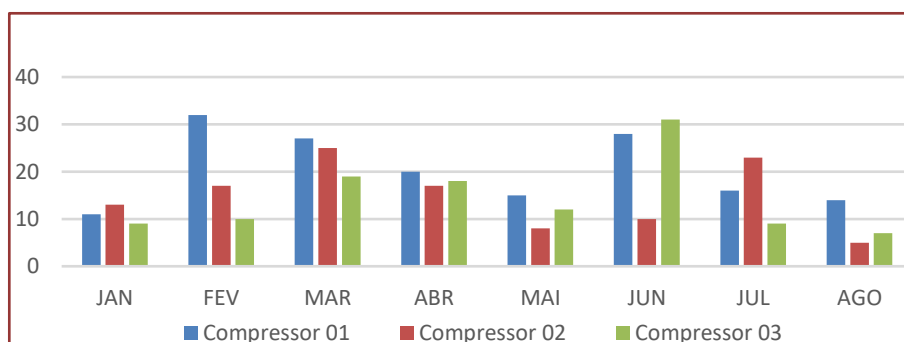
A automação de processos visa aumentar a produtividade de um determinado processo de negócio, reduzir custos operacionais, aumentar o desempenho e gerar vantagem competitiva para a empresa. São inúmeros os benefícios da automação. Com a lógica de substituir metodologias de baixa eficiência organizacional, e muitas vezes burocráticas, por alternativas inovadoras, a automação dos processos digitais possibilita gerenciar uma alta quantidade de dados e informações com rapidez.

Tornar os procedimentos administrativos otimizados facilita o dia a dia de toda a equipe, além de melhorar a rotina do negócio, diminuindo o tempo para atingir os objetivos esperados. Em geral, toda a cadeia produtiva do negócio é beneficiada, o que, em médio prazo, tende a impactar de forma positiva a lucratividade da empresa.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa realiza, em média, 16,5 atendimentos por mês em função da necessidade de acionamento manual das máquinas. O Gráfico 1 mostra um estudo que confirma a perda de eficiência com mau uso da mão de obra no acionamento de três máquinas.

**Gráfico 1:** Desempenho de 3 máquinas em acionamento manual

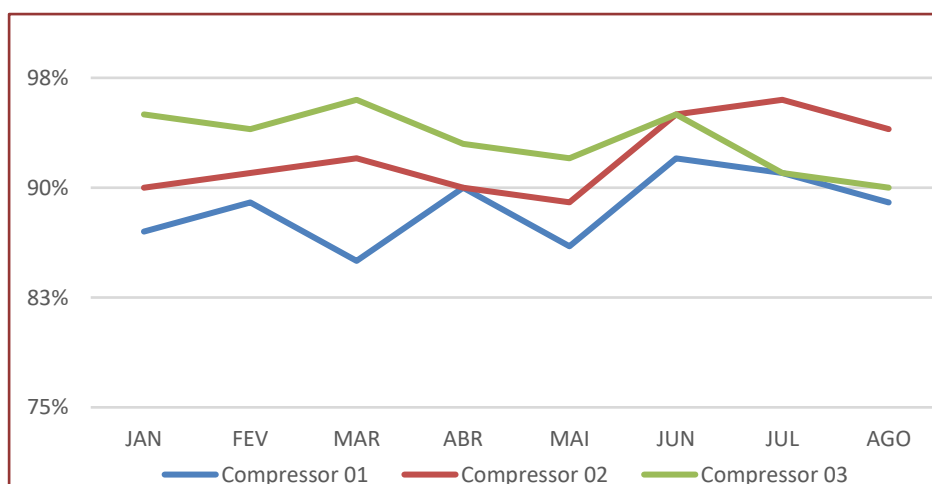


Fonte: Autores (2022)

Fica evidente, como é mostrado no Gráfico 1, um grande uso da mão de obra dos técnicos operadores, que durante o turno fazem o revezamento do acionamento dos compressores. Com esta falta de automatização do sistema de ar comprimido de baixa pressão, nota-se que a mão de obra operacional fica restrita a modulação dos compressores e as análises inerrantes à este processo. A quantidade de acionamento também evidencia que muitas manobras observadas são feitas após a parada de outras áreas produtivas da fábrica. Mesmo com a manobralização das máquinas é possível observar que em média 91% durante 8 meses, com a aplicação de modulação e comunicação entre os compressores calcula-se um ganho de 5% na média de eficiência dos compressores.

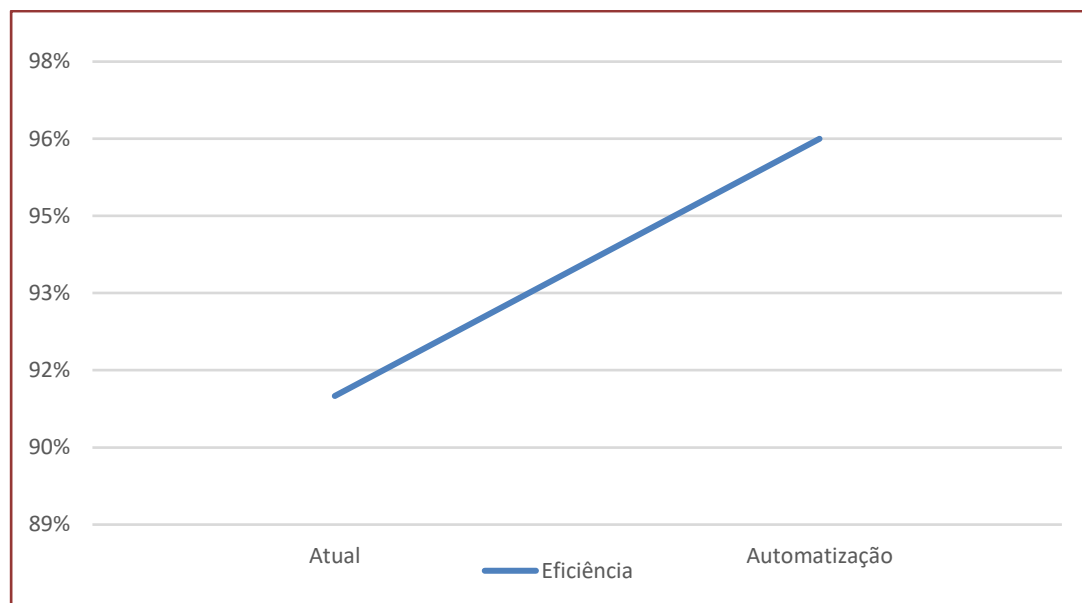
Observando o Gráfico 2, nota-se uma variação contínua no acionamento das três unidades compressoras. Distribuídas de forma semi manual, exigindo dessa forma, sempre ser acionado manualmente por um operador. Durante o acampamento, em loco, das atividades de operacionalidade dos compressores, que ocorreu através de visitas mensais e de coletas de dados. Foi observado a baixa ineficiência desse sistema que exige um alto consumo de energia elétrica, com a falta de modulação. A utilização de tecnologia, sistemas e processamentos de dados em benefício de controles e processos operacionais do cotidiano de uma empresa é o que chamamos de automação. Ao utilizar essas ferramentas na substituição das atividades manuais, estamos falando em automação de processos digitais.

**Gráfico 2:** Eficiência das unidades compressoras



Fonte: Autores (2022)

De acordo com os levantamentos realizados, e aplicação do uso da rede de comunicação industrial Profibus nas máquinas de compressão de ar, foi obtido um crescimento de 5% nos próximos 2 meses, conforme o Gráfico 3. Nota-se por meio das mudanças e pela interligação entre as máquinas inteligentes, a internet e o compartilhamento de dados, é possível transformar o ciclo de produção.

**Gráfico 3:** Ganho de eficiência nas unidades compressoras

Fonte: Autores (2022)

Segundo Oliveira (2022) as redes de comunicação industrial são muito importantes para que as empresas consigam processar dados. Principalmente devido à grande quantidade de informações que são criadas e compartilhadas a todo momento. A troca de informações ocorre, principalmente, por entre servidores, computadores, máquinas, CLPSs, atuadores e sensores.

O ganho relativo de eficiência nesse curto período de tempo, tempo como resultado a aplicação desse sistema que é a rede de comunicação industrial Profibus, que agora permite a visualização da modulação por supervisão e remotamente.

Com a redução de acionamentos manuais, por parte da operação, obteve-se um ganho no uso da mão de obra da operação e dos técnicos, que agora estão com TPM mais flexível para garantir uma melhor manutenção preventivas nas máquinas.

Segundo Salomão (2020) OEE (Overall Equipment Effectiveness) é o principal indicador utilizado para medir a eficiência global. São várias as métricas que podem ser utilizadas na indústria para avaliar se algum processo/máquina é eficiente ou não. Tradicionalmente em programas de TPM (Total Productive Maintenance) utiliza-se muito o esse indicador.

Sendo assim, as três máquinas agora trabalham de forma sincronizada, e fazem uma alta performance de eficiência. Após a entrega do projeto dentro da empresa, foi aberto o convite para monitoramento de outras máquinas, tais como compressor de CO<sup>2</sup>, e compressores de amônia.

Apesar das vantagens identificadas, existiram e existem algumas desvantagens, tais como: o recurso limitado de investimento pra adaptação entre as máquinas, a falta de conhecimento por parte da mão de obra técnica, e falta de comunicação com fabricantes dos inversores.

Logo, a utilização do sistema de comunicação de rede industrial, Profibus, vem proporcionando crescimento para a empresa em estudo, tanto aos processos produtivos,

quanto para a receita, e principalmente para a mão de obra, onde os colaboradores tendem a uma vida mais saudável devido à conservação, otimizando seu tempo para desenvolver outras habilidades e competências, agregando mais valores.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a execução da montagem do sistema de comunicação PROFIBUS, conclui-se que este demonstra de forma clara e objetiva uma das muitas formas possíveis de emprego da tecnologia e comunicação entre as máquinas.

O PROFIBUS proporciona à pneumática uma versatilidade ainda maior, por torná-la mais flexível, e é de grande valia poder visualizar esse modo de utilização. Por tratar-se de fazer a comunicação pré existente entre as máquinas, não houve preocupação e levantar custos reais de instalação em confronto com métodos convencionais, já que para uma instalação real, outros fatores devem ser levados em consideração. Contudo, foi observado um ganho de 5% na média de eficiência das três máquinas dentro da empresa. E uma breve redução no consumo de energia de modo geral.

Todos esses processos desenvolvidos permitiram um amplo entendimento da realidade e do futuro das indústrias, principalmente a respeito dos processos produtivos, onde a comunicação entre as máquinas, a velocidade de resposta é cada vez mais eficiente e necessária. Com isso, ficou evidente o ganho na qualidade de vida do empregado, em relação as atividades antes desenvolvidas na sua rotina básica.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: NR 10, 2004.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Norma Técnicas - Instalações Elétricas de Baixa Tensão - NBR 5410:2004, versão corrigida, 2008.
- [3] REDES DE COMUNICAÇÃO PROFIBUS, 2018 Disponível em:<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2352.pdf> Acesso em: 01 de set. de 2022
- [4] Lian, F.L.; J.R. Moyne and D.M. Tilbury (2001). Performance evaluation of control networks: Ethernet, Controlnet and Device Net. IEEE Control Systems Magazine, Vol. 21, pp. 66-83.
- [5] PROFIBUS - Instalação Avançada, 2020 Disponível em: <https://www.instrumatic.com.br/artigo/profibus-instalacao-avancada-parte-1> Acesso em: 05 de set. de 2022
- [6] RESENDE, André Alvez Manutenção produtiva total TPM, 2020 Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014\\_tn\\_sto\\_195\\_105\\_24987.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_tn_sto_195_105_24987.pdf) Acesso em: 11 de set. de 2022
- [7] Lian, F.L., J.R. Moyne and D.M. Tilbury (2002). Network Design Consideration for Distributed Control Systems. IEEE Transactions on Control Systems Technology, Vol. 10( 2 ), pp. 297-307.
- [8] CERVIERI JÚNIOR, Osmar et al. O setor de bebidas no Brasil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 40, p. [93]-129, set. 2014.
- [9] SALOMÃO, Estão da extração florestal com indicador eficiência global de máquinas, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/x8vFgCSCSHGyHfTWwJM4czL/?lang=en>. Acesso em: 08 de out. de 2022
- [10] SIMONETTI, R. M. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos, 2019. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/NRs/portaria-n-916-nr-12-anexos.pdf>>. Acesso em: 01 de out. de 2022

# Capítulo 8

## *Avaliação do impacto de veículos elétricos na rede elétrica de uma subestação de Manaus-AM*

*Cristiano Vieira Vidal*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** A análise do sistema de distribuição de energia elétrica frente a crescente inserção de veículos elétricos (VEs) possibilita fornecer uma nova viabilidade técnica para a disseminação desse meio de transporte que utiliza fonte de energia renovável. O principal objetivo deste artigo está em avaliar o impacto técnico do carregamento dos VEs considerando diferentes níveis de implantação no sistema de distribuição (SD). Logo, um estudo de caso é simulado no software OpenDSS utilizando o circuito (Ckt 5) para identificar os impactos no SD em relação à integração de VEs. As simulações são realizadas para dois casos em um horizonte de dez anos considerando a expectativa de crescimento dos VEs. Os resultados mostram que a inserção de VEs no decorrer dos anos sobrecarrega o SD e que devemos buscar alternativas de aliviar esse impacto.

**Palavras-chave:** Sistema de distribuição (SD); veículos elétricos (VEs); carregamento elétrico.

## 1. INTRODUÇÃO

As preocupações em relação à poluição ambiental e ao aquecimento global que surgiram nos últimos 20 anos incentivam a busca por soluções alternativas ao consumo do petróleo (PIMENTA, 2021). O processo de transição energética vem crescendo gradativamente nos últimos anos, e a dinâmica dos “3D”, processo de transição energética centrado na digitalização, descarbonização e descentralização das redes de energia elétrica, tem se tornado cada vez mais uma realidade no setor elétrico. Especificamente em relação à descarbonização, a base é a utilização crescente de fontes de energia renováveis em detrimento das fontes provenientes de combustíveis fósseis. Este processo está impactando e irá modificar de forma radical a cadeia produtiva da indústria automobilística com o avanço rápido e inexorável dos veículos elétricos plug-in (VE). Ao utilizarem como combustível a energia elétrica vão contribuir, cada vez mais com a redução da emissão de gases poluentes (CASTRO et al., 2019).

Uma nova tendência para o setor automotivo são os veículos elétricos (VEs). Estes, diferentemente dos automóveis movidos a combustão interna, apresentam-se como uma tecnologia eficiente e sustentável de locomoção (TIWARI et al., 2017). Um levantamento feito pela BloombergNEF (BNEF), o ZEV Factbook concluiu que o impulso global em direção ao transporte rodoviário nessa categoria continua crescendo. As vendas de veículos elétricos de passageiros seguem a caminho de mais de 10 milhões de unidades, acima dos 6,6 milhões em 2021, se esses números se confirmarem, representará um crescimento de 51,5%. A BNEF aponta que a adoção de veículos de emissão zero já reduziu o consumo de petróleo e as emissões de dióxido de carbono. E ainda espera que veículos elétricos de todos os tipos – incluindo carros, ônibus, motocicletas, scooters, vans e caminhões – evitem o uso de quase 1,7 milhão de barris de petróleo por dia em 2022, contra 1,5 milhão de barris por dia em 2021.

Grande parte dos governos no mundo tem incentivado o desenvolvimento e utilização de veículos elétricos e no Brasil não é diferente. O Programa Rota 2030, por exemplo, possibilitaram redução da alíquota do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI). Em 2015, o governo Federal reduziu os impostos de importação de carros elétricos permitindo que empresas como Volvo, Chevrolet, Toyota e Renault invistam mais no setor brasileiro e contribuam no processo de inserção dos veículos elétricos (SMARTIA, 2018). Segundo o estudo da ONU, esses incentivos podem elevar a participação dos elétricos até 20% das vendas de automóveis em 2050. Sem eles, a previsão é de que até lá a frota brasileira seja de apenas 3,8% de carros elétricos.

Tendo em vista esta tendência de massificação dos veículos elétricos, uma das preocupações é a de analisar se a atual estrutura da rede comportará o acréscimo de carga que esses equipamentos irão proporcionar. A integração em larga escala desses veículos ao sistema elétrico pode gerar distúrbios e estresse sobre a rede (TIWARI et al., 2017). Implicando em problemas locais de sobrecarga de componentes como transformadores (MOSES et al., 2015), variações de tensão e corrente e perdas no sistema (FERNANDEZ et al., 2017). Ademais, os veículos elétricos atuam como uma carga não linear, o que gera um aumento de correntes harmônicas sendo injetadas na rede (YONG et al., 2015). A perturbação provocada pelo carregamento das baterias dos VEs não será determinada apenas pelo número de veículos elétricos em uso, mas também pela quantidade que se encontra carregando no mesmo instante e o perfil de carregamento das baterias. Diante disso, poderão ser necessárias medidas para coordenação do processo de carregamento dos veículos com a proposta de minimizar as perdas elétricas e maximizar o fator de carga da rede (CARNEIRO, 2018).



Com o passar dos anos, à medida que os consumidores tornaram-se mais sofisticados do ponto de vista tecnológico, diversos fatores vêm sendo questionados quanto à energia elétrica a eles fornecida. Não apenas em relação aos índices de confiabilidade no fornecimento, ou seja, a qualidade do serviço de distribuição da energia, mas também quanto à qualidade do produto energia elétrica fornecida a tais consumidores (DAMASCENO, 2018).

Para que com a inserção dos VEs o Sistema Elétrico de Potência (SEP) não perca essa confiabilidade, é necessário um estudo da ampliação do SEP para atender essa nova carga (móvel), admitindo uma frota de considerável dos veículos de Manaus sendo elétricos. Neste processo, uma preocupação do setor elétrico em relação à inserção dos veículos elétricos na rede elétrica é a questão da recarga das baterias.

Desde que a distribuição de energia elétrica se tornou necessária para fornecer iluminação, no final do século 19, foram grandes os avanços e descobertas em geração e distribuição de energia elétrica (CUNHA, 2019). O OpenDSS é um simulador de sistema de distribuição de energia elétrica (DSS) projetado para oferecer suporte à integração e modernização da rede de recursos de energia distribuída (DER). Ele permite que os engenheiros realizem análises complexas usando uma plataforma flexível, personalizável e fácil de usar, destinada especificamente a atender aos desafios atuais e futuros do sistema de distribuição e fornece uma base para a compreensão e integração de novas tecnologias e recursos.

Diversas pesquisas relacionadas aos VEs podem ser encontradas principalmente nos últimos anos. (TOSSIN, 2019) se despois a dissertar sobre os possíveis impactos que a inserção do veículo elétrico poderá gerar do ponto de vista da matriz elétrica nacional. A análise de impacto à matriz foi feita com base em três cenários, considerando frotas de veículos com 20%, 33% e 100% de veículos eletrificados. São apresentados dados gerais de demanda de potência, pico de demanda para cada caso específico e comentários pertinentes a cada situação. Por fim, o estudo conclui que a matriz elétrica projetada para o ano de 2040 seria capaz de suportar a introdução em massa de veículos elétricos, desde que com investimentos e implantação de uma rede inteligente para gerenciar a recarga das baterias, evitando o colapso do sistema.

(MULLE, 2018) apresenta a implementação, através de um software comercial, de uma ferramenta de análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente. Com o objetivo de realizar a representação do sistema elétrico de transmissão brasileiro e avaliar o impacto da penetração dos veículos elétricos no sistema. Cada subsistema elétrico do país foi representado por um equivalente de geração e carga, além de uma barra para as subestações de transmissão. Duas regiões mostraram-se mais sensíveis aos eventos simulados, as quais são a norte e a sudeste/centro-oeste. No subsistema norte, duas linhas de interligação apresentaram sobrecargas de 27% e 4% e, no subsistema sudeste/centro-oeste, uma linha de interligação teve sobrecarga de 27%.

(GONÇALVES, 2018) estudou os impactos que a integração de veículos elétricos nos parques automóveis, em Portugal e na Espanha, terá nos diagramas de carga e nos preços da eletricidade do Mercado Ibérico de Eletricidade, no ano de 2020. (LIMA, 2016) analisou o impacto que o crescimento da frota de veículos elétricos causará nas decisões de investimento e O&M das concessionárias de distribuição de energia elétrica.

O objetivo geral deste artigo é analisar a inserção dos VEs em um sistema de distribuição composto predominantemente por linhas de baixa tensão (BT). Especificamente, pretende-se analisar o comportamento de um SD ante diferentes taxas

de inserção de VEs. Um outro objetivo é comparar os resultados obtidos nas simulações de diferentes cenários tendo um caso base para referência e outro caso que trata da inserção de VEs.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O fluxo de potência permite a determinação do estado operativo do sistema elétrico, a verificação do sistema em análise, se está ou não operando adequadamente, a indicação do que deve ser feito para corrigir ou prevenir situações inadequadas de operação (RODRIGUES, 2015). As equações de fluxo de potência são aplicadas em sistemas de grande porte como de pequenas instalações. Através da análise do fluxo de potência pode-se conhecer o desempenho de sistemas sob o ponto de vista de operação e planejamento, aumentando a efetividade da operação (SIMON, 2017). São encontrados várias metodologias e modelos desenvolvidos para o cálculo do fluxo de potência. Além disso, verifica-se na prática a existência de inúmeros softwares para realização dos cálculos de fluxo. O que determina o software a ser utilizado é a facilidade de utilização, as necessidades de precisão do estudo, a disponibilidade de dados e as características específicas dos sistemas estudados (SIMON, 2017).

Tendo conhecimento da situação atual e a probabilidade futura da inserção dos carros elétricos na rede, o estudo visa analisar o que ocorreria se 10% da frota de veículos da área de abrangência da subestação fossem elétricos. Assim, quando estes veículos elétricos fossem colocados para carregar na rede, foram delineados em dois casos, da seguinte forma:

**Estudo de caso 1:** Fazer uma análise do fluxo de potência sem a carga dos VEs, com o programa OpenDSS para o cálculo do fluxo de potência. Assim, será possível obter os parâmetros do sistema atual.

**Estudo de caso 2:** Em seguida, baseando-se no crescimento dos VEs nos próximos 10 anos, o mesmo sistema é analisado, considerando a estratégia de carregamento vale com o deslocamento do seu pico de demanda para o meio dia.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

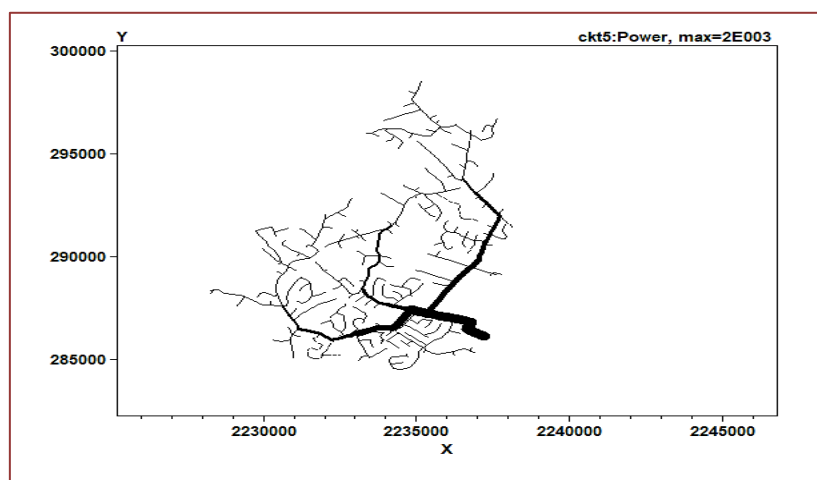
As principais etapas da modelagem consistem numa análise inicial do Sistema de Distribuição (SD), na obtenção da curva de carga dos VEs para a estratégia de carregamento vale. Em cada cenário configurado, a análise foi delimitada para uma projeção de crescimento dos VEs com valores definidos. Um sistema de carga e de geração foram conectados em um conjunto de consumidores distribuídos aleatoriamente na rede para as simulações deste estudo. As análises do fluxo de potência foram feitas no OpenDSS.

O OpenDSS oferece alguns exemplos e sugestões de diferentes tipos de circuitos para a utilização da comunidade científica como, por exemplo, o Circuito 5 - Ckt 5 (OpenDSS). Entre essas sugestões para este estudo de caso, optou-se pelo Ckt 5 como SD. O Ckt 5 foi escolhido para os testes e as análises devido a predominância de consumidores residenciais. Isto possibilita as análises deste artigo ser similares à cidade de Manaus, uma vez que a estratégia de carregamento utilizada para os VEs também é residencial. Algumas características que esse circuito possui são as tensões de 12,47 kV na rede de MT e 240 V na rede de BT constituindo-se por 1043 barras localizadas na rede primária (MT) onde

existem trechos monofásicos, bifásicos e trifásicos, e 1.956 barras na rede secundária (BT) onde existem apenas trechos monofásicos. Na rede de BT estão conectadas 1379 cargas residenciais monofásicas caracterizadas por uma curva de demanda em pu (por unidade) que varia diariamente de hora em hora durante um ano inteiro.

Um esboço da estrutura física do Ckt 5 é apresentado na Figura 1, com a espessura das linhas desenhadas proporcionais aos seus fluxos de potência. A rede de BT (representada por linhas tracejadas) possui 591 transformadores de distribuição monofásicos com potência entre 5 kVA e 75 kVA que interligam a MT com a BT.

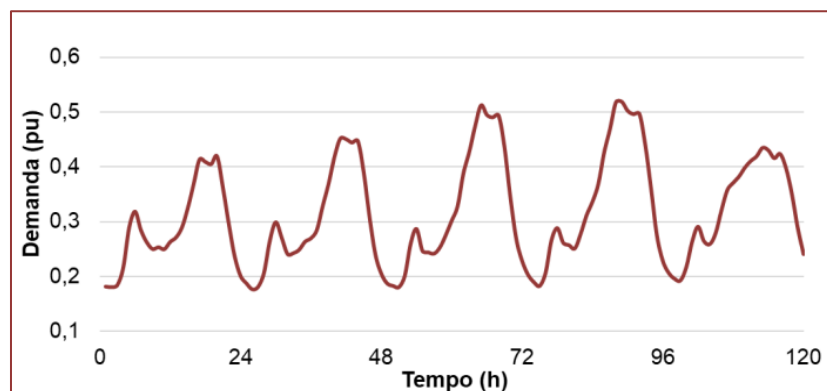
**Figura 11:** Fluxo de potência do alimentador da rede Ckt 5



Fonte: Autores (2022)

O perfil de demanda da rede Ckt 5 possui um comportamento predominantemente residencial e, por isso, tem um carregamento maior durante o dia e no final das tardes. O perfil da carga do SD Ckt 5 pode ser visto na Figura 2, para uma amostra de cinco dias. Nela é possível notar as variações horárias na demanda ao longo dos dias.

**Figura 2:** Perfil de carga do sistema de distribuição Ckt 5

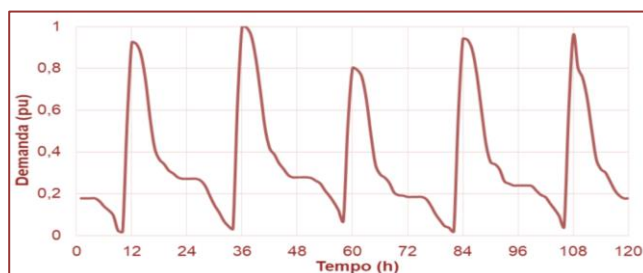


Fonte: Autores (2022)

A curva de carregamento do tipo vale deslocada (Figura 3) foi utilizada como padrão para todos os consumidores que possuem VEs. É importante destacar que uma

curva como essa só seria possível se houvesse um incentivo por parte do governo ou pela iniciativa privada. Com essas considerações, a taxa de inserção de VEs na rede foi utilizada pelas projeções definidas por (BACKER, 2015) ao longo de 10 anos alcançando algo em torno de 36% da frota total de veículos para o ano de 2032.

**Figura 12:** Estratégia de carregamento dos VEs vale deslocada



Fonte: Autores (2022)

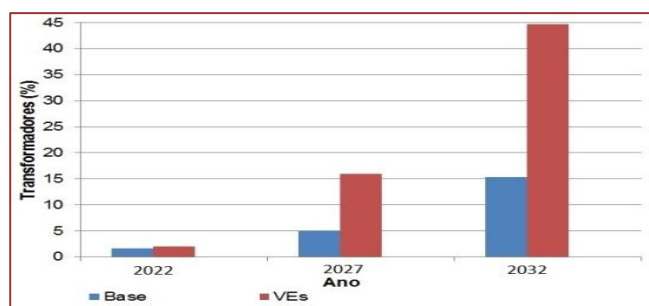
Para a análise dos impactos causados pela inserção de VEs configuraram-se dois cenários ao longo de dez anos. Dentro de cada cenário foram levadas em consideração as taxas de crescimento da carga residencial do SD e a penetração de VEs (BACKER, 2015) para os anos de 2022, 2027 e 2032.

O primeiro cenário da análise foi composto pelo SD sem o acoplamento de VEs. Esse cenário, chamado de “Base”, tem como propósito verificar o carregamento atual do SD e o seu comportamento em relação ao crescimento (4% ao ano) da carga convencional, no período analisado. O segundo cenário, ou “cenário 2”, trata-se da inserção dos VEs no SD para se analisar os impactos considerando a estratégia de carregamento vale com o deslocamento do seu pico de demanda para o meio-dia.

As análises dos resultados obtidos pela inserção de VEs e de GD mostraram os principais impactos que afetaram a distribuição de energia em BT do SD. Os parâmetros que foram analisados neste trabalho incluíram: as quedas de tensão, a sobrecarga em transformadores, as perdas nas linhas de BT e as sobrecargas em linhas de BT.

A quantidade de transformadores do SD que passaram por sobrecargas durante as simulações é apresentada na Figura 4. Para o período analisado no ano de 2022 ocorreu uma pequena diferença na quantidade de transformadores com sobrecarga nos cenários analisados. Porém, para o ano de 2027 ocorreram mais que o triplo de sobrecargas para a inserção de VEs na estratégia de carregamento vale em relação à base. Para o ano de 2032, o cenário 2 atingiu quase 44% das sobrecargas em transformadores.

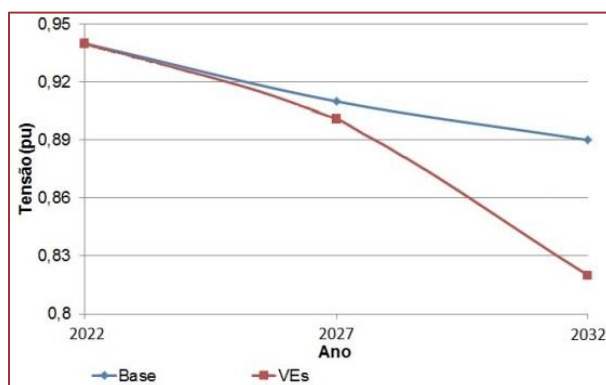
**Figura 13:** Quantidade de transformadores com sobrecarga



Fonte: Autores (2022)

Os níveis de tensão na rede de BT chegaram a valores críticos no ano de 2032 para o cenário 2, conforme mostrado na Figura 5. Assim sendo, o cenário 2 foi o responsável pelos piores níveis de tensão medidos no SD. Somente no ano de 2022, em ambos os cenários, o SD se encontra com os níveis de tensão dentro dos limites adequados para o seu funcionamento.

**Figura 14:** Níveis de tensão no sistema de baixa tensão

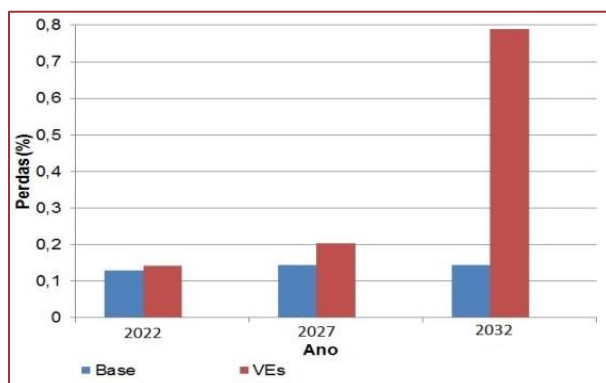


Fonte: Autores (2022)

Em síntese, os níveis de tensão que não se enquadram como “adequados” podem causar a inoperacionalidade e a instabilidade do sistema de distribuição. Isto é visto pela distribuidora de energia como um prejuízo. Dessa forma, é preciso evitar esse problema através de reforços e investimentos no SD (PIOTROWSKI et al., 2020).

Pode-se verificar (Figura 6) que as perdas em linhas de distribuição de energia elétrica de BT aumentam com o passar do tempo simulado de uma forma não linear. Isso se deve, principalmente, a taxa de penetração dos VEs e ao fato de as linhas de BT do Ckt 5 possuírem pequenas extensões e folgas no dimensionamento. A inserção de VEs como carga no SD aumenta as perdas durante todo o período simulado.

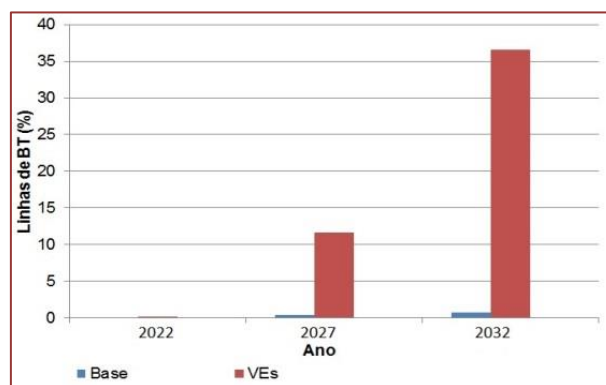
**Figura 15:** Perdas em linhas de baixa tensão



Fonte: Autores (2022)

A Figura 7 mostra a porcentagem das linhas de BT com sobrecarga. Para o ano de 2022, poucas linhas de BT passaram por sobrecarga em todos os cenários simulados. Entretanto, no ano de 2027 para o cenário 2, a inserção de quase 19% de VEs no SD acarretou numa sobrecarga de 12,5% das linhas de BT.

**Figura 16:** Quantidade de linhas de baixa tensão com sobrecarga



Fonte: Autores (2022)

Em 2032, novamente o cenário 2 foi a pior situação para o SD podendo causar o deterioramento da isolação dos condutores e das conexões e até mesmo a uma diminuição da vida útil e da qualidade de energia do SD.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos resultados obtidos pela inserção de VEs mostraram os principais impactos que afetaram a distribuição de energia em BT do SD. Os parâmetros que foram analisados neste trabalho incluíram: as quedas de tensão, a sobrecarga em transformadores, as perdas nas linhas de BT e as sobrecargas em linhas de BT.

Este artigo permite a análise técnica dos impactos da inserção de veículos elétricos em redes de distribuição de energia elétrica de baixa tensão. A curva de carga dos VEs foi simulada em diferentes cenários de crescimento de VEs. Os resultados permitem concluir sobre o melhor cenário a ser adotado frente a uma massiva penetração de VEs. A análise técnica da inserção de VEs na estratégia de carregamento do tipo vale deslocado abre alternativas para a melhor implantação de VEs.

Conforme os resultados apresentados neste estudo, o SD pode suportar a inserção dos VEs até um certo período simulado considerando a taxa de crescimento de VEs. Observa-se que temos que procurar alternativas para um menor impacto no SD, a geração distribuída (GD) pode ser uma aliada para amenizar os impactos negativos do carregamento por VEs. Entretanto, verifica-se uma grande necessidade de modificações e reforços no sistema após o ano de 2027, bem como, a criação de novos modelos de tarifa para um melhor gerenciamento da demanda e da geração de energia elétrica.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ARAUJO, A. L.; EICHENBERGER, A. C. Inserção de veículos elétricos análise dos impactos no sistema elétrico de potência na subestação central/ batel em curitiba. 2015. Trabalho de Conclusão de

Curso (Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

- [2] BECKER, T. A., “Electric Vehicles in the United States. A New Model with Forecasts to 2030,” Center for Entrepreneurship & Technology, 2015.
- [3] CARNEIRO, J. L. V. Impacto da inserção de veículos elétricos no sistema elétrico de potência brasileiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Ceará. Sobral, 2018.
- [4] CASTRO, N. de.; FALCÃO, D.; COLOMBARI, C. Veículos elétricos e possíveis impactos nas redes de distribuição. Artigo publicado pela Agência Canal Energia, p. 1-4, 2019. <https://www.canalenergia.com.br/artigos/53087671/veiculos-eletricos-e-possiveis-impactosnas-redes-de-distribuicao>. Acesso em: 23 de novembro 2022.
- [5] CUNHA, R. J. R. da. Comparação entre o custo e o benefício do uso da energia solar: Estudo de caso em residências na cidade de Manaus. Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2019.
- [6] DAMASCENO, A. J. da S. Estimativa do potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial de Manaus a partir da avaliação da qualidade da energia. UFAM. Manaus, 2018.
- [7] FERNANDEZ, L. P. et al. Assessment of the impact of plug-in electric vehicles on distribution networks. IEEE Transactions on Power Systems, v. 26, n. 1, p. 206–213, Feb 2017.
- [8] GONÇALVES, R. N. L. Estudo do impacto da introdução dos veículos elétricos nos preços de mercado e nos diagramas de carga. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2018.
- [9] LIMA, J. C. Impacto dos veículos elétricos sobre as decisões das concessionárias de energia. Dissertação de mestrado (Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.
- [10] MOSES, P. S. et al. Power quality of smart grids with plug-in electric vehicles considering battery charging profile. In: 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe). [S.l.: s.n.], 2015.
- [11] MULLE, L. de O. D. Análise de fluxo de potência em linhas de transmissão: impacto dos veículos elétricos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Catarina. Aranguá, 2018.
- [12] OPENDSS, “Open Distribution System Simulator,” Program Sourceforge.Net, 2017. Disponível em: <<https://sourceforge.net/projects/electricdss/files/>>
- [13] PIMENTA, M. V.; MARTINS, M. M. Combustíveis marítimos alternativos: relevância e viabilidade. Revista de Direito e Negócios Internacionais da Maritime Law Academy - International Law and Business Review, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 32–53, 2021. Disponível em: <https://mlawreview.emnuvens.com.br/mlaw/article/view/40>. Acesso em: 6 nov. 2022.
- [14] PIOTROWSKI, L. J.; NETO, N. K.; ABAIDE, A. da R.; FARRET, F. A. Análise técnica da inserção de veículos elétricos e geração fotovoltaica no sistema de distribuição. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2020.
- [15] SIMON, E. C. Avaliação de impactos da recarga de veículos elétricos em sistemas de distribuição. Dissertação – Mestrado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2017.
- [16] SMARTIA. O cenário dos carros elétricos no Brasil e no mundo. Blog Smartia Seguros Online, 27 Junho 2019. Disponível em: <<https://www.smartia.com.br/blog/carros-eletricos-no-brasil-e-no-mundo/>>. Acesso em: 23 de novembro 2022.
- [17] TIWARI, D. et al. Charging coordination of aggregated electrical vehicles for load variance minimization in distribution system. North American Power Symposium (NAPS). [S.l.: s.n.], 2017.
- [18] TOSIN, F.; KURODA, W. T. A introdução do veículo elétrico na matriz elétrica brasileira: Situação atual e projeções. 2019. 80f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.
- [19] YONG, J. Y. et al. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, v. 49, p. 365–385, 2015.

# Capítulo 9

## *Redução de desperdício de componente na máquina de SMT*

*Danielle Pinheiro de Souza*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** A fabricação de produtos defeituosos impacta negativamente a organização, devido à ocorrência de desperdícios de matérias, tempo de mão-de-obra e equipamento não produtivo, movimentações e armazenagem de materiais defeituosos, desperdícios em retrabalho e reinserção, custo de inspeção de produtos e baixa qualidade dos produtos, sendo todos esses desperdícios que influenciam de forma direta e negativa os resultados das organizações. Desse modo, o objetivo geral do trabalho é avaliar o índice de desperdício de componentes eletrônicos na implementação do processo SMT/SMD a fim de propor programas para evitar o desperdício de componentes eletrônicos. O estudo é classificado como explicativo devido à fonte de dados necessárias para a realização da pesquisa, também, classificou-se como um estudo quali-quantitativa com intuito de compreender as informações levantadas. A pesquisa foi realizada na empresa Componentes da Amazônia situada no Polo Industrial de Manaus (PIM) que atua na produção de placas eletrônicas e oferece linhas de produção adaptáveis. Conforme o estudo realizado nas pesquisas de referências constatou-se que os meios de produção foram evoluindo conforme o avanço da tecnologia, influenciando diretamente as empresas no seu processo de manufatura. As diferenças iniciais observadas foram a substituição de mão de obra por máquinas mais rápidas e precisas que trabalhavam com componentes cada vez mais compacto, segundo assim as máquinas SMT/SMD que foram criadas para possibilitar a montagem compacta de circuitos eletrônicos com máquinas automáticas em linhas de montagem totalmente automatizadas. Os programas propostos para evitar desperdício de componentes eletrônicos está na realização de procedimentos como: realização de limpezas e manutenção periódicas dos Nozzles a cada 48 horas tirando a impureza do mesmo e na higienização do componente laser dos feeders quando necessário. Para o controle dessas atividades os operadores devem preencher formulários elaborados pelo setor de Tecnologia da Informação, para o acompanhamento das máquinas.

**Palavras-chave:** Componente; SMT; manutenção.



## 1. INTRODUÇÃO

Avanços exponenciais em tecnologia levaram as empresas a seus limites na entrega de produtos inovadores e de qualidade com o menor custo possível. Portanto, uma das soluções eficazes é minimizar o tempo de inatividade da máquina nas operações de fabricação, o que proporciona uma série de benefícios, como eficiência maximizada e maiores lucros. Paradas de máquinas e tempo de inatividade é um fator importante que dificulta a obtenção da eficiência de fabricação. Isso leva ao atraso do processo de fabricação e interrompe o fluxo de trabalho (MAK, AB-SAMAT, 2022).

O custo da paralisação da máquina é enorme quando calculado com base no custo da mão de obra ociosa pela indisponibilidade do maquinário. A empresa também precisa pagar o custo de horas extras para o pessoal de manutenção. Em alguns casos, a empresa pode ser forçada a atrasar o embarque de seus produtos devido à quebra de máquinas; portanto, as sobretaxas serão aplicadas pelo atraso. A situação é crítica e pode ser vista como na linha de tecnologia de montagem em superfície (SMT) que funciona em série e configuração contínua (SILVA, 2022).

SMT é um processo de montagem de circuitos complexos que se encaixam em pequenos espaços. O processo é usado para montar componentes eletrônicos na superfície de placas de circuito impresso. Os componentes precisam ser montados diretamente na placa de circuito impresso, em vez de cabeados ou inseridos através de orifícios, permitindo que mais componentes eletrônicos sejam inseridos em espaços pequenos, reduzindo o tamanho e o peso dos dispositivos (MORAIS, 2019). A SMT produz Dispositivos de Montagem em Superfície (SMDs) que são amplamente utilizados na indústria atual. Na linha SMT, cinco máquinas diferentes são conectadas por transportadores. Como o processo de SMT é um processo contínuo, toda a linha de produção parará quando uma das máquinas quebrar. Isso fará com que as outras máquinas entrem em um estado ocioso. Portanto, reduzindo a disponibilidade da máquina e afetando a produção (LUNARDI, 2018).

Como a linha de produção deve funcionar sem problemas, sem falhas, a manutenção adequada é essencial para os sistemas de produção atuais. O tempo de inatividade da máquina afetará o rendimento na linha de produção. Se uma máquina está ociosa, os produtos não estão sendo produzidos, isso certamente afetará o resultado do negócio (ARAÚJO, 2020). Minimizar o tempo de inatividade também afeta os lucros de uma empresa, tornando crucial que o sistema de manutenção seja projetado para reduzir os custos relacionados à manutenção e ao estoque. Portanto, um planejamento de manutenção eficaz é um dos métodos para alcançar alta produtividade e prevenção de quebras. Para manter o sistema em boas condições e aumentar a disponibilidade da máquina, o gerenciamento da manutenção é uma política importante em um sistema reparável. A manutenção recupera e melhora o desempenho do equipamento e é uma parte importante do ciclo de vida do produto (OLIVEIRA et al., 2019).

Para este projeto, o escopo de trabalho se concentra na programação de Manutenção Preventiva (MP), pois é a técnica de manutenção mais comum e básica praticada na indústria.

MP é definida como ações de manutenção programadas regularmente com base nas taxas médias de falhas. Uma estratégia de MP otimizada pode fornecer muitos benefícios para uma organização em termos de extensão da vida útil do equipamento e disponibilidade da máquina. A MP adequadamente programada pode ajudar a manter o sistema de produção em condições operacionais ideais para minimizar os custos

operacionais (GOETTEMS, 2018). De acordo com Jesus, Nascimento e Ribeiro (2018), o impacto do MP no nível de serviço de sistemas de manufatura degradantes afetará o tempo de conclusão e as datas de entrega dos pedidos dos clientes.

Com a identificação do alto índice de desperdício de componentes no chão de fábrica e conseqüentemente perda de clientes, foi feito um estudo gráfico sobre a perda desse material. Os problemas da pesquisa são: Quais as formas ou ferramentas podem ser utilizadas para minimizar os problemas referentes ao alto índice de desperdício de componentes eletrônico no chão de fábrica? Como evitar a perda de clientes devido à não existência de um controle de desperdício de componentes eletrônicos na empresa?

Dado as informações apresentadas observa-se que a eliminação dos desperdícios é a verdadeira fonte de lucro e de redução de custo. Desse modo, este projeto está baseado em realizar uma avaliação de perda de componentes SMD, uma vez que se verificou que há uma quantidade virando *scrap* em vez de ser utilizada na produção das placas eletrônicas.

Assim, essa pesquisa se torna necessária porque realiza análise de uma máquina SMT que apresenta um alto índice de rejeição de componentes SMD, bem como apresenta, também, uma proposta de melhoria que otimiza a eficiência e reduz os desperdícios dos componentes eletrônicos.

Objetivo geral da pesquisa é avaliar o índice de desperdício de componentes eletrônicos na implementação do processo SMT/SMD a fim de propor programas para evitar desperdício de componentes eletrônicos. Os objetivos específicos são: Estudar as variações apresentadas no gráfico; quantificar os indicadores no processo de componentes eletrônicos; e propor programas para evitar desperdício de componentes eletrônicos SMT/SMD.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dado o objetivo geral da pesquisa o estudo é classificado como explicativa, uma vez que pretende-se avaliar o índice de desperdício de componentes eletrônicos na implementação do processo SMT/SMD.

Devido à fonte de dados necessárias para a realização do estudo à pesquisa classificou-se, também, como um estudo quali-quantitativa com intuito de compreender as informações levantadas. A abordagem qualitativa e quantitativa possibilitou a identificação e análise dos relatórios e gráficos produzidos por umas das máquinas (NXT) de montagem em superfície que vem produzindo perda de componentes SMD/SMT e propor programas para evitar desperdício de componentes eletrônicos SMT/SMD.

Os dados qualitativos foram obtidos através de método observacional que avaliaram o processo, o maquinário, a mão de obra e os componentes eletrônicos a fim de identificar quais as formas ou ferramentas podem ser utilizadas para minimizar os problemas referentes ao alto índice de desperdício de componentes eletrônicos no chão de fábrica

Os dados quantitativos foram obtidos por meio de pesquisas documentais que foram disponibilizadas pela empresa que indicam os índices de desperdício de componentes eletrônicos na implementação do processo SMT/SMD.

A análise de todos os dados e informações qualitativas e quantitativas obtidas na pesquisa possui uma abordagem descritivas para propor programas para evitar

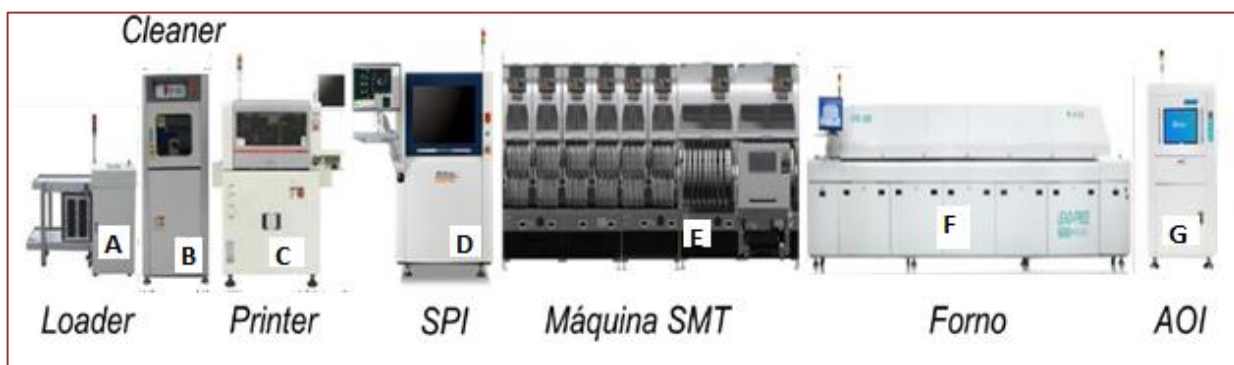
desperdício de componentes eletrônicos SMT/SMD. Após obtenção de todas as informações referente aos relatórios produzidos pela máquina NXT, o pesquisador realizou a tabulação dos dados, a partir daí elaborou-se e apresentou-se os resultados por meio de tabelas e imagens que foram confrontados com a literaturas existente sobre o tema, chegando, assim, a resultados que atingiram os objetivos proposto.

A pesquisa foi desenvolvida nas instalações de uma empresa do seguimento de eletroeletrônicos, situada no Polo Industrial de Manaus (PIM), que atua na produção de placas eletrônicas e oferece linhas de produção adaptáveis.

Ela possui quatro processos produtivos básicos, o de Inserção Automática de PTH, o de SMT, o de Inserção Manual de PTH e o de Montagem Final. Nosso estudo de caso foi realizado no processo de SMT, que possui a configuração e layout apresentado na Figura 1.

Seguem os elementos básicos do processo SMT: Impressão de pasta de solda > Inspeção da Pasta de Solda - SPI > Montagem > Refusão da Solda > Inspeção dos Componentes - AOI > Armazenamento.

**Figura 1:** Processos produtivos básicos da linha SMT



Fonte: Autores (2022)

A Figura 1 apresenta o fluxo da operação da linha SMT da empresa estudada, conforme exposto é composto por 7 (sete) etapas: 1º - Loader (1.1 /A) armazena e alimenta automaticamente as placas na Printer; 2º - Cleaner (1.1 /B) realiza a limpeza das placas para que passem pela impressão de pasta sem resíduos; 3º - Printer (1.1 /C) imprime a pasta de solda na placa; 4º - SPI - Solder Paste Inspection (1.1 /D) realiza a inspeção da impressão da pasta de solda; 5º - Máquina SMT (1.1 /E) monta com precisão os componentes SMDs nas placas, sobre a pasta de solda aplicada; 6º - Forno (1.1 /F) tem a função de derreter a pasta de solda e realizar a soldagem dos componentes na placa; e finalmente, a 7º - Inspeção Óptica Automática – AOI (1.1 /G) verifica a qualidade da soldagem e a qualidade da montagem. Após esse processo a placa é armazenada ou encaminha a linha produtiva seguinte.

A máquina NXT que realiza montagem em superfície de componentes eletrônicos na superfície da PCB vêm indicando um alto índice de desperdício de componentes no chão de fábrica e conseqüentemente perda de clientes. Dado o exposto, foi requisitado um técnico especializado para realizar uma análise e propor soluções que evitem os problemas.

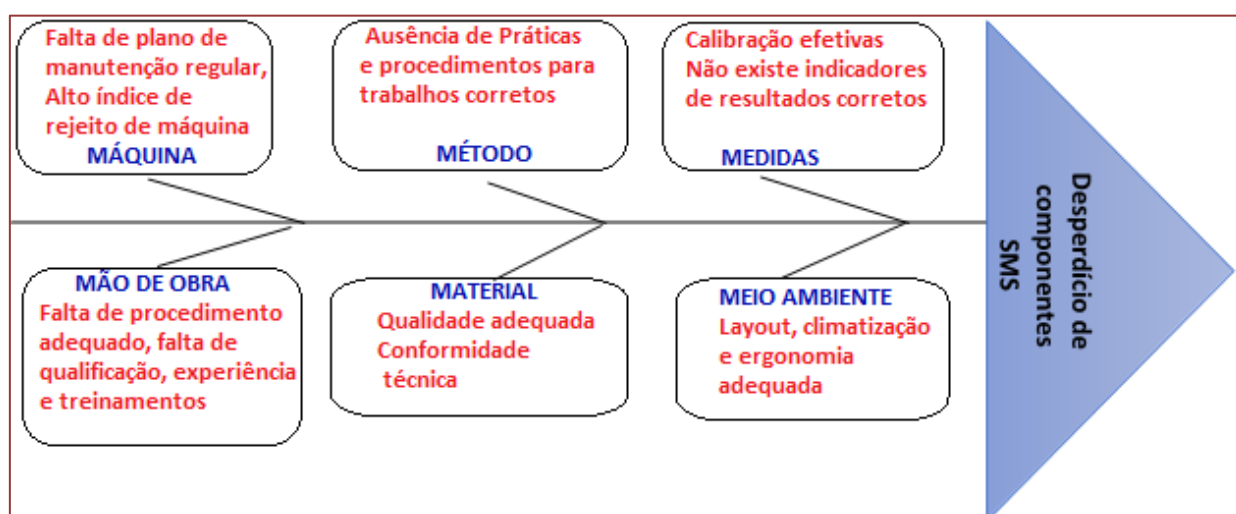
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, o SMT é o processo mais amplamente usado para montagens eletrônicas de consumidores de baixo custo e alta produção. Contudo, as máquinas responsáveis pelas montagens dos componentes SMD não são 100% eficientes apresentando defeitos. Conforme o exposto o intuito dessa pesquisa é realizar um estudo sobre desperdício de componente no processo de SMT, para sugerir melhoria contínua nesse processo, com ganhos na produtividade e aproveitamento do componente no chão de fábrica.

#### 3.1. PARA IDENTIFICAÇÃO DA CAUSA PROBLEMA

Do dispneicos de compondes SMD produzidos pelas máquinas SMT utilizou-se o diagrama de causa e efeito, que é também conhecido como diagrama de Diagrama de Ishikawa. Segundo Da Silva; Gomes e De Oliveira (2018), o foi criando pelo químico japonês Kaoru Ishikawa também conhecido como diagrama de espinha de peixe, esse diagrama expressa, de modo simples e fácil, a seria de causa e feitos de processo ou de um problema. O diagrama é uma forma sequencial e ordenada para se descrever ou separar todas as fases e partes de um problema (Figura 2).

**Figura 2:** Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autores (2022)

Para elaboração do Diagrama de Ishikawa (ver Figura 2) foi feito um brainstorming a fim de levantar as possíveis causas do alto índice de desperdícios de componentes SMD. Obedecendo aos aspectos do diagrama (material, método, mão de obra e máquina) verificou-se causa raiz é a mão de obra, especificamente pela falta de manutenção nas limpezas nos Nozzles. Assim sendo, para este item que afetam o processo foi realizado a identificação dos relatórios e gráficos produzidos pela máquina NXT para levantar possíveis soluções.

### 3.2. ESTUDO DAS VARIAÇÕES DE ÍNDICES DE COMPONENTES REJEITADOS.

Os relatórios começaram a serem feitos em janeiro de 2022, quando foi colocado em prática no chão de fábrica, a melhoria de manutenção de limpeza de *Nozzles*, com a criação de um formulário, como representado na Figura 3, a limpeza no dispositivo *Nozzles*. Essa limpeza é controlada há cada 48 horas.

**Figura 3:** Formulário de limpeza de Nozzles

LIMPEZA DE NOZZLE											
LINHA:	<input type="checkbox"/> 01	<input type="checkbox"/> 02	<input type="checkbox"/> 03	<input type="checkbox"/> 04	<input type="checkbox"/> 05	<input type="checkbox"/> 06	<input type="checkbox"/> 07	<input type="checkbox"/> 08	<input type="checkbox"/> 09	<input type="checkbox"/> 10	
CRONOGRAMA DIÁRIO							<b>LEGENDA</b> <span style="background-color: #00aaff; border: 1px solid black; padding: 2px;">1º TURNO</span> <span style="background-color: #90ee90; border: 1px solid black; padding: 2px;">2º TURNO</span> <span style="background-color: #ffa500; border: 1px solid black; padding: 2px;">3º TURNO</span> <span style="background-color: #cccccc; border: 1px solid black; padding: 2px;">NÃO HÁ LIMPEZA</span>				
LINHAS	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	SÁBADO					
LINHA_01											
LINHA_02											
LINHA_03											
LINHA_04											
LINHA_05											
LINHA_06											
LINHA_07											
LINHA_08											
SEMANA	MÊS	ANO				SEMANA	MÊS	ANO			
SEGUNDA	DATA	LINHA	OPERADOR	TÉCNICO	SEGUNDA	DATA	LINHA	OPERADOR	TÉCNICO		
TERÇA	///				TERÇA	///					
QUARTA	///				QUARTA	///					
QUINTA	///				QUINTA	///					
SEXTA	///				SEXTA	///					
SÁBADO	///				SÁBADO	///					
SEMANA	MÊS	ANO				SEMANA	MÊS	ANO			
SEGUNDA	DATA	LINHA	OPERADOR	TÉCNICO	SEGUNDA	DATA	LINHA	OPERADOR	TÉCNICO		
TERÇA	///				TERÇA	///					
QUARTA	///				QUARTA	///					
QUINTA	///				QUINTA	///					
SEXTA	///				SEXTA	///					
SÁBADO	///				SÁBADO	///					

Fonte: Autores (2022)

Devido ao crescente número de componentes para montagem em superfície disponíveis no mercado, também existem muitos tipos diferentes de bicos disponíveis. A maioria dos bicos usa vácuo para prender o componente com segurança entre as etapas de coleta e colocação, mas isso depende de o componente ter uma superfície superior plana (QIAN et al, 2016).

Para evitar esses riscos e suas consequências, é necessário um processo de monitoramento da qualidade e, nestes casos, a manutenção não tem como agir propiciando melhorias no desempenho do processo. É muito importante que o bico correto seja selecionado para cada peça diferente a ser colocada para garantir um posicionamento preciso e consistente (GOMES, WILTGEN, 2020).

**Figura 4:** Formulário de monitoramento

MODELO: \_\_\_\_\_

**Monitoramento de scrap de componentes no processo.**

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Líder 1ºT	Líder 2ºT	Líder 3ºT

LINHA : \_\_\_\_\_

**Limite superior máximo: 3.000 ppm ou 0,30%**

COMPONENTES	1	8	15	22	25
	2	9	16	23	26
	3	10	17	24	27
	4	11	18	25	28
	5	12	19	26	29
	6	13	20	27	30
	7	14	21	28	31

%

MAQ	1	
	0,9	
	0,8	
	0,7	
	0,6	
	0,5	
	0,4	
	0,3	
	0,2	
	0,1	
0		

06:00 07:00 08:00 09:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 21:00 22:00 23:00 00:00 01:00 02:00 03:00 04:00 05:00

COMENTÁRIO

Fonte: Autores (2022)

Com a limpeza do dispositivo obteve-se ganho significativo para empresa, uma vez que possibilitou a redução de perda de material. Esse aproveitamento foi de 99,5% da produção total do material. Ou seja, uma porcentagem eficiente, e por isso pode-se considerar que a empresa reduziu o desperdício de perdas de componentes eletrônicos.

O programa passou a ser realizado efetivamente em abril de 2022. A Figura 4 demonstra o formulário de monitoramento preenchido manual, que são planilhas usadas pelos operadores das máquinas de SMT/SMD para controle de desperdício dos componentes eletrônicos, e seus relatório são apresentados em reuniões semanais para que todos os envolvidos no processo tenham o feedback do processo, com isso todos ficam cientes da situação de cada material perdido.

O formulário na Figura 4, está analisando, que é necessário acionar o técnico para solucionar ou evitar o problema, a linha em negrito é margem limite para que o equipamento continue em operação, caso ele ultrapasse esse limite, poderá ocorrer problemas no equipamento. Ou seja, o formulário de monitoramento preenchido manual são indicações que são avaliadas semanalmente pelo engenheiro responsável da linha no qual ele verifica a necessidade de realizar ações corretivas.

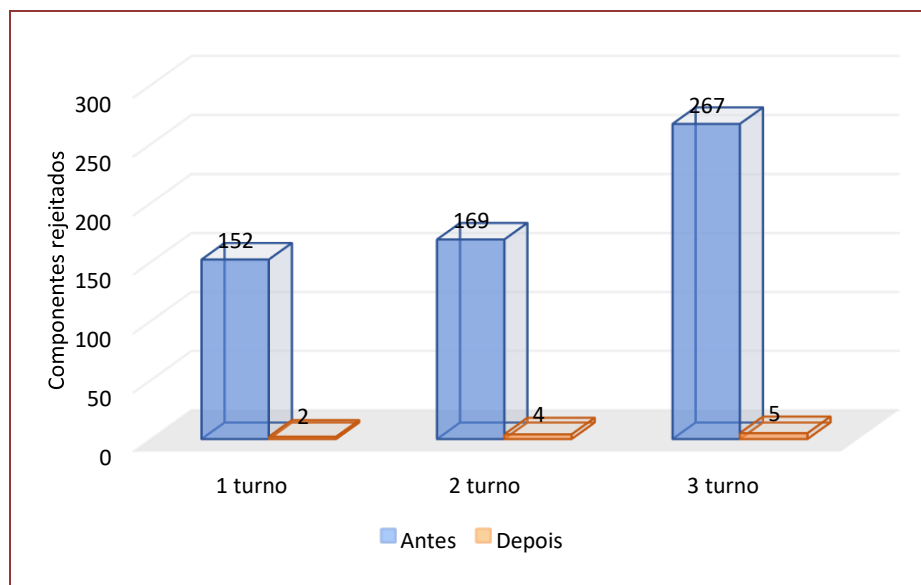
Em suma, pode-se explicar que o programa proposto foi desenvolvido para evitar desperdício de componentes eletrônicos, e foi realizado por meio de procedimentos que são realizados por operadores da máquina, e a atividade desenvolvida foi a realização de limpezas e manutenções preventivas dos *Nozzles* à cada 48 horas para tirar as impurezas desses dispositivos, bem como a higienização do componente laser dos *feeders* quando necessário.

Para formalizar tal atividade elabora-se um controle dessas atividades por meio de formulários, no qual o operador deve preencher, e os resultados desses documentos são

avaliados semanalmente pelo engenheiro responsável da linha para verificar a de realizar ações corretivas.

Tal mudança aumentou a produtividade, reduziu as perdas no processo e tempo de fechamento, e ofereceu um novo design de bandeja. O Gráfico 1 apresenta os índices de componentes rejeitados antes e depois da implementação da manutenção nas limpezas no Nozzles.

**Gráfico 1:** Índices de componentes rejeitados



Fonte: Autores (2022)

Conforme evidenciado em Gráfico 1 houve uma redução na rejeição de componentes após a implementação da manutenção nas limpezas no Nozzles, pois no primeiro turno os componentes rejeitados foram de 1,32% (n=2), no segundo foi 2,37% (n= 4), e no terceiro de 1,87% (n=5). Então em seus respectivos turnos os componentes obtiveram um aproveitamento de 98,68%, 97,63% e 98,13%.

Peixoto (2017) desenvolveu as competências da manutenção preventiva a substituição de peças de máquinas onde incidiam paragens por desgaste que não eram contempladas anteriormente. Assim, foi criada uma checklist com todas as tarefas a desempenhar durante uma inspeção, garantindo assim que nenhuma tarefa é ocultada e que é registado a realização da mesma. No geral, com as ações implementadas, verificou-se um aumento na eficiência operacional

As atividades de manutenção desenvolvidas por operários podem variar de empresa para empresa, podendo incluir inspeções, limpeza, rotina de lubrificação, reparos mecânicos e coleta de dados. No trabalho realizado por Azevedo (2017) foi apresentado um plano de manutenção de uma inseridora automática de componentes do SMT, e foram elaborados pelo supervisor e técnicos da manutenção seguindo as recomendações dos fabricantes e a experiência da equipe. Diante deste cenário, o trabalho apresentou um modelo para alocação otimizada dos projetos de manutenção preventiva e evidenciou a eficiência da sua solução.

Diante dos resultados, verifica-se que o projeto é vantajoso para a organização, porém recomenda-se que a administração precisa criar um plano de treinamento para o operador se familiarizar com o novo procedimento e desenvolver a fiscalização medidas para garantir que o procedimento seja realmente implementado, obtendo-se assim os resultados positivos apresentados.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para alcançar os objetivos proposto no trabalho foi necessário realizar uma pesquisa em campo, um estudo de caso, na empresa industrial de Manaus, bem como uma busca nas literaturas para o embasamento do tema proposto.

Conforme o estudo realizado nas pesquisas de referências constatou-se que os meios de produção foi evoluindo conforme o avanço da tecnologia, influenciando de forma direta as empresas no seu processo de manufatura. A diferença inicial observadas foi a substituição da mão de obra por máquinas mais rápidas e precisas que trabalhavam com componentes cada vez mais compacto, sendo assim as máquinas SMT/SMD foram criadas para possibilitar a montagem compacta de circuitos eletrônicos com máquinas automáticas em linhas de montagem totalmente automatizadas.

Na pesquisa em campo foi possível analisar e identificar um alto índice de rejeitos de componentes SMT o que acarretou a perda de clientes devido à não existência de um controle de desperdício de componentes eletrônicos na empresa. Os gráficos sobre a perda desse material foram usados para identificar a causa, o que possibilitou a elaboração de proposta de solução de problemas.

Como verificado nas observações em campo e análise documental pode-se afirmar que com os formulários proposto de desempenho e manutenção diário, é possível desenvolver um sistema de controle de desperdício de material na empresa na área da inserção automática, na qual utiliza a tecnologia que faz uso de componentes SMT/SMD, esse sistema é eficiente porque reduz os desperdícios de componentes.

Por fim, pode-se concluir, que os relatórios de manutenção preventiva, pode reduzir o envelhecimento ou degeneração dos equipamentos, garantir um controle técnico operacional dos equipamentos, mostrar ações para ser aplicada antes que problemas venham acontecer, e também a realização dos serviços em melhores condições para a operação e a possibilidade de programar as intervenções.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO, Andreia Filipa Ferreira. Aplicação do Single Minute Exchange of Die (SMED) para a Otimização do Tempo de Produção numa Empresa de Montagem e Teste de Equipamentos Eletrônicos. Tese de Doutorado, 2020.
- [2] AZEVEDO, Andressa Amaral de. Otimização da manutenção preventiva em linhas de montagem: estudo de caso em uma empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico. Universidade Federal de Minas Gerais Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2017.
- [3] GOETTEMS, Wagner Davi. Proposta de melhorias no sistema de gestão da qualidade: um estudo de caso em uma empresa de montagem de placas eletrônicas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.
- [4] GOMES, João Francisco Bueno; WILTGEN, Filipe. Avanços na manufatura aditiva em metais: técnicas, materiais e máquinas. Revista Tecnologia, v. 41, n. 1, 2020.



- [5] JESUS, Aurea Gama de; NASCIMENTO, Manoel Henrique Reis; RIBEIRO, Paulo Francisco da Silva. Reduced Setup Time for an SMT Line (131-148). ITEGAM-JETIA, v. 4, n. 15, p. 131-148, 2018.
- [6] LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2017.
- [7] LUNARDI, Tiago Di Giovanni. Desenvolvimento de adesivos eletricamente condutivos na fixação de componentes eletrônicos em montagens de superfície (SMT). Dissertação (Mestre em Engenharia Elétrica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, 2018.
- [8] MAK, Kam Sheng; AB-SAMAT, Hasnida. Analysis of machine availability at surface-mount technology (smt) line using witness simulation. ASEAN Engineering Journal, v. 10, n. 2, 2020.
- [9] MORAIS, Cledir Castanha. TRF-Proposta de implantação de Setup Rápido em uma linha de montagem SMT- (Surface Mount Technology). Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica federal do Paraná. Pato Branco. 2019.
- [10] OLIVEIRA, Harison Vieira de et al. Melhoria de eficiência do equipamento de teste de placas de celulares. Trabalho de conclusão (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Lean Manufacturing) Instituto de Desenvolvimento da Amazônia (IDAAM), 2019.
- [11] PEIXOTO, Pedro Miguel Oliveira. Melhoria de desempenho na área de inserção automática de SMDs, aplicando ferramentas Lean Production, numa empresa de componentes eletrônicos. Tese de Doutorado, 2017.
- [12] QIAN, Rongrong et al. Novel Adaptive Sliding Mode Control with Nonlinear Disturbance Observer for SMT Assembly Machine. Mathematical Problems in Engineering, v. 2016, 2016.
- [13] SILVA, Matheus Silva e. Estudo e análise do funcionamento de uma máquina de inserção automática no processo SMT. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, 2022.

# Capítulo 10

## *Implementação de um programa de controle de descarga eletrostática baseado na norma ANSI/ESD S20.20-2014 para atendimento do cliente em uma empresa industrial do Polo Industrial de Manaus-AM*

*Diego Guimarães Biasuz*

*Kate Suellen Gemaque Mota*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** A qualidade dos produtos é um dos requisitos mais buscados pelos clientes hoje em dia, ou seja, um produto confiável é um produto que tem uma vida útil longa. O artigo tem como objetivo desdobrar a implementação do programa de ESD com base na Norma ANSI/ESD S20.20-2014 e para a implementação desse trabalho foram utilizadas ferramentas da qualidade e ferramentas de gerenciamento de projeto tais como: o cronograma utilizado para o gerenciamento das fases de início e fim, o gráfico de pareto para identificar o antes e depois, o 5W2H para a definição do plano de ação e o plano de controle que define todos os itens a serem verificados e monitorados de forma a ser utilizado como padrão para qualquer empresa que não tem ideia por onde começar esse Controle porém enfatizamos que a Norma é a principal referência. Para o Polo Industrial de Manaus e Industria em geral, que trabalha com produtos eletrônicos, podemos dizer que cumprir o plano de controle ou controlar a descarga eletrostática é um desafio constante visto que é um inimigo invisível, requerendo muita disciplina de todos os envolvidos desde a liderança até os funcionários de base, investimento e estudo da Norma.

**Palavras-chave:** ANSI/ESD S20.20-2014; plano de controle; qualidade.

## 1. INTRODUÇÃO

A descarga eletrostática é uma parte muito importante que por muitas vezes é descartada no processo produtivo de produtos eletrônicos e segundo a norma ANSI/ESD 2020-2014, que foi criada para quebrar esse paradigma, a mesma abrange os requisitos necessários para projetar, estabelecer, implementar e manter um Programa de Controle de Descarga Eletrostática (ESD) para atividades que fabricam, processam, montam, instalam, embalam, rotulam, prestam serviços, testam, inspecionam ou manipulam peças elétricas ou eletrônicas, conjuntos e equipamentos suscetíveis a danos por descargas eletrostáticas maiores ou iguais a 100 volts Human Body Model (HBM) e 200 volts Charged Device Model (CDM), esta norma abrange os requisitos para um Programa de Controle ESD definindo padrões para lidar com itens sensíveis a ESD (ESDS) com base na experiência histórica de organizações militares e comerciais.

Segundo Almeida (2007) quando temos uma diferença de potencial causada por um desequilíbrio entre cargas, causado por atrito, gerando uma descarga elétrica num tempo muito pequeno, ou seja, um arco elétrico que na maioria das vezes só pode ser percebido utilizando-se equipamentos adequados por isso para Oliveira (2022) o estudo e correto controle da eletricidade é imprescindível enquanto a falta de controle pode ser perigosa para o ser humano. O entendimento dos fenômenos nos permitem entender como os mesmos funcionam e como eles podem influenciar no processo produtivo.

Segundo YOUNG & FREEDMAN (2009) as interações entre cargas elétricas que estão em repouso (ou quase repouso) é definido como fenômeno da eletrostática. Onde duas cargas positivas se repelem, duas cargas negativas também se repelem, e existe uma atração mútua entre uma carga positiva e uma carga negativa. A ESD tem o intuito de trabalhar esse desbalanceamento de cargas e devido a esses fenômenos é que existe a necessidade de se implementar um programa de proteção contra descargas eletrostáticas (ESD), baseado na norma ANSI/ESD S20.20-2014, que é de suma importância para a Qualidade do Processo e Produto.

O estudo teve como objetivo analisar as condições atuais da empresa, implementar a Norma, definir os padrões de controle de Descarga Eletrostática e verificar a eficiência do sistema implementado pois durante auditoria de cliente evidenciou-se que a empresa não atendia todos os requisitos solicitados e que era necessário adequar o atual programa da empresa com base na mesma norma de referência utilizada pelo mesmo, sendo a Norma ANSI/ESD 2020-2014 escolhida para tornar o processo capaz e alinhado com a melhoria contínua da qualidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo apresentado nesse trabalho aconteceu numa empresa do Polo Industrial de Manaus, do ramo eletroeletrônico, que funciona somente no turno comercial e tem mais de 700 funcionários, o escopo envolveu todo o processo produtivo, desde o recebimento da matéria prima até a expedição do produto final. Inicialmente foi feito um levantamento do processo atual, utilizando ferramentas como entrevista, levantamento de dados e comparação da situação atual da empresa versus a Norma ANSI/ESD S20.20-2014. A partir disso foi definido uma estratégia e um plano de ação utilizando ferramentas como: excel, gráfico de pareto, 5W2H, Cronograma de Implantação e eficácia das ações implementadas durante o ano de 2018.

No Quadro 1 está o direcionamento de Plano de Controle da norma onde é possível identificar os parâmetros de referência que foram utilizados como base para comparar com o cenário atual da empresa e identificar os gaps que precisam ser corrigidos para uma melhor cobertura da confiabilidade do processo quando se trata de proteção a descargas eletrostáticas. Segundo Kovalesky (2016) o plano de controle é uma forma de documentar controles que devem ser implementados para se garantir um determinado padrão de qualidade para um processo ou serviço e é importante pois estabelece métodos de controle de processo para serem utilizados durante a produção de forma a garantir a estabilidade do processo e que pequenos desvios não virem pontos fora de controle podendo vazar para o campo de forma a impactar na percepção do cliente, ou seja, uma ferramenta estratégica do planejamento da qualidade. Em se tratando de descarga eletrostática, se torna ainda mais importante seguir o plano de controle pois as causas geradas por um evento ESD normalmente não são detectados no processo produtivo e acabam só sendo detectadas no cliente causando a morte prematura ou defeito no produto.

**Quadro 1:** Plano de Controle da Norma

Itens	Itens de Controle	Parâmetros Norma	Status
1	Checklist		Oportunidade de melhoria
2	Piso	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Oportunidade de melhoria
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	
		Andar < 100 volts	
3	Superfície móvel	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Atende
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	
4	Superfícies de trabalho	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Atende
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	
		Triboeletrificação < 200 volts	
		Botoeira - 1M ohms	
5	Ionizador	Tensão de Offset -35 < Voffset < 35	Oportunidade de melhoria
		Tempo de descarga 8s para descarregar 1kV	
6	Fardamento	Ponto a Ponto < $1 \times 10^{11}$ ohms	Atende
		Triboeletrificação < 100 volts	
7	Prateleira (quando utilizada para armazenar material sensível sem proteção)	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Não atende
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	
8	Jig's de teste	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Não atende
		Triboeletrificação < 100 volts	

Fonte: Autores (2022) - Adaptada da Norma ANSI/ESD 2020-2014

**Quadro 1:** Plano de Controle da Norma (continuação)

Itens	Itens de Controle	Parâmetros Norma	Status
9	<b>Aterramento de equipamento</b>	< 1.0 ohm impedância	Atende
10	<b>Aterramento ESD / Aterramento AC</b>	< 25 ohms	
11	<b>Sapato e calcanheira</b>	Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	Atende
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	
12	<b>Pulseira antiestático</b>	Ponto para o terra < $3.5 \times 10^7$ Ohms	Atende
13	<b>Parafusadeira</b>	Ponta para o terra < 10.0 Ohm	Não atende
		Tensão da ponta < 20mV	
14	<b>Ferro de solda</b>	Ponta para o terra < 10.0 Ohm	Não atende
		Tensão da ponta < 20mV	
15	<b>Embalagem</b>	Ponto a Ponto < $1 \times 10^{11}$ ohms	Oportunidade de melhoria
		Triboeletrificação < 100 volts	
16	<b>PCB's e Módulos LCD</b>	Triboeletrificação < 100 volts	Não atende

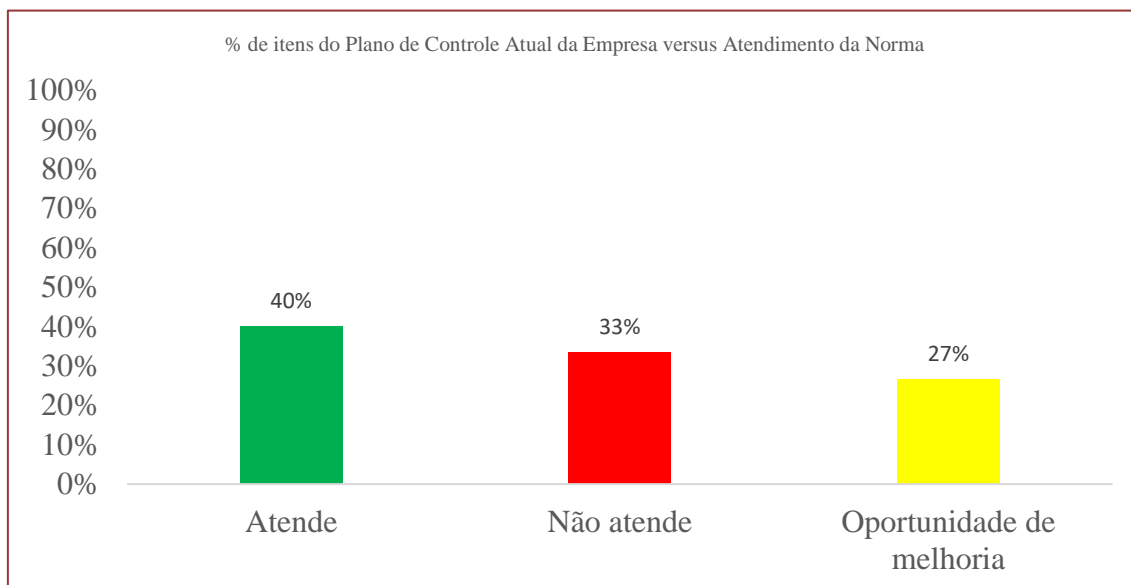
Fonte: Autores (2022) – Adaptada da Norma ANSI/ESD 2020-2014

Foi utilizada para a identificação do cenário da empresa o Gráfico de Pareto 1 pois segundo Fonseca (2022) o gráfico de Pareto é uma técnica que auxilia na tomada de decisão pois é possível identificar os gaps e onde estão os maiores problemas que precisam ser atacados enquanto Oliveira (2022) descreve que essa ferramenta possibilita a classificação do problema e que é uma ferramenta estatística em forma de barras demonstrando as informações do maior para o menor problema de forma a ser um norte para quem irá analisar os dados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1 é possível identificar o resultado do estudo de comparativo do plano de controle de ESD atual da Empresa versus o plano de controle da norma de forma a identificar onde estão as lacunas que precisam ser solucionadas. Itens classificados com “atende” comprovam que a empresa está em conformidade com a Norma, itens classificados como “não atende” quer dizer item não coberto e “oportunidade de melhoria” comprovam o atendimento parcial sendo necessário fazer uma revisão na metodologia para atendimento.

**Gráfico 1: Gráfico de Pareto 1**



Fonte: Autores (2022)

Após identificação dos gaps no Gráfico 1 foi implementado um cronograma (Quadro 2), conforme abordado por Picinini (2022) o cronograma é de suma importância para que as atividades sejam cumpridas dentro do tempo determinado, sendo possível gerenciar os prazos, o andamento e até parar e corrigir caso algo não esteja indo como o previsto.

**Quadro 2: Cronograma de implementação**

Item	2018	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	Treinamento na Norma ANSI/ESD S20.20-2014	Realizado											
2	Revisão do Procedimento atual da empresa		Realizado										
3	Revisão do plano de controle		Realizado	Realizado									
4	Elaboração do Plano de ação			Realizado	Realizado								
5	Aprovação do Procedimento				Realizado	Realizado							
6	Aprovação e publicação do novo procedimento						Realizado						

■ Realizado  
■ Planejado

Fonte: Autores (2022)

No Quadro 3 está disposto o plano de ação e segundo Machado (2012) o plano de ação em formato 5W2H acaba se tornando um checklist que demonstra as atividades e o prazo determinado para execução e pode ser aplicado em várias áreas de negócio com o objetivo de ser um direcionador no planejamento estratégico e das ações que precisam ser implementadas de forma que os responsáveis por cada execução visualizem os objetivos, metas, os custos de forma mais clara gerando impactos positivos no processo enquanto Alves (2021) destaca o 5W2H como uma ferramenta simples, prática e de fácil aplicabilidade suportando o planejamento estratégico. O 5W2H foi utilizado para tratar os itens “não atende” e “oportunidade de melhoria” que foram sinalizados no gráfico 1 de forma que fique claro as metas, responsabilidades e prazo de implementação para todos os envolvidos.

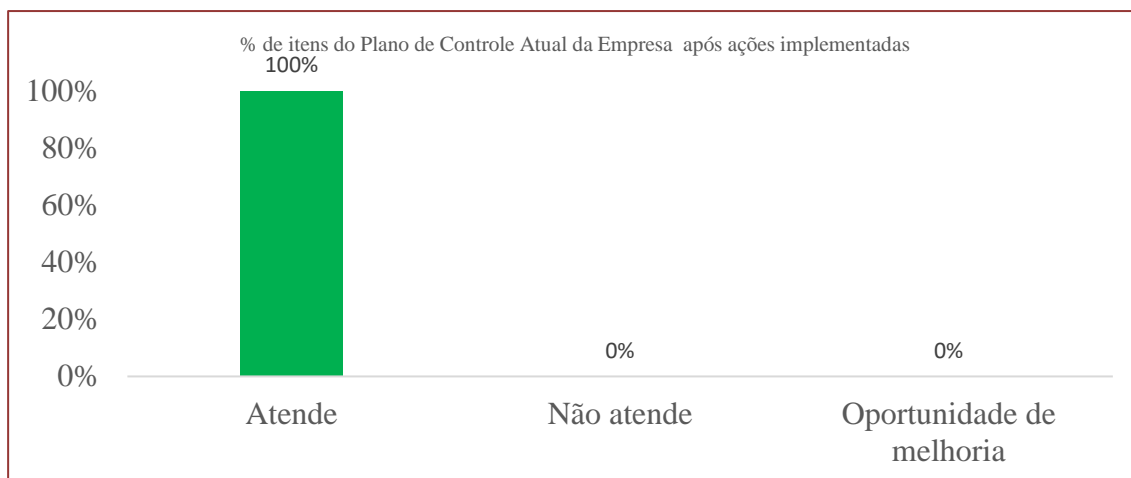
**Quadro 3: Plano de ação**

Item	O que será feito?	Por quê?	Onde ?	Por quem?	Quando?	Como?	Quanto custa?
1	Treinamento na Norma ESD	Capacitação	Na empresa	Funcionário	jan/18	Palestra	Sem custo
2	Revisão do procedimento	Adequação	Na empresa	Grupo de trabalho	fev/18	Reuniões com todos os envolvidos	Sem custo
3	Revisão do plano de controle	Adequação	Na empresa	Grupo de trabalho	01/02/2018 a 30/03/2018	Reuniões com todos os envolvidos	Sem custo
4	Elaboração do plano de controle	Adequação	Na empresa	Grupo de trabalho	01/03/2018 a 30/04/2018	Reuniões com todos os envolvidos Plano de trabalho	Sem custo
5	Aprovação do Procedimento	Adequação	Na empresa	Grupo de trabalho	jun/18	Reuniões com todos os envolvidos Plano de trabalho	Sem custo

Fonte: Autores (2022)

Após os levantamentos e ações implementadas foi possível identificar que a utilização de ferramentas como Pareto, Plano de Controle, Cronograma e 5W2h foram muito importantes no decorrer do trabalho e que é possível comprovar no Gráfico 2 que obtivemos melhoria no plano de controle atual, onde 100% dos pontos levantados no Gráfico 1 foram tratados e que ações foram implementadas para transformar o plano de controle da empresa mais próximo do plano da Norma. De acordo com os responsáveis pela Engenharia Elétrica da planta, foi relatado que após a implementação da Norma ficaram claros os objetivos e metas da cultura de descarga eletrostática (ESD) e que com isso foi possível melhorar a qualidade dos produtos e também dos processos, tendo em vista que pessoas chaves no processo foram treinadas possibilitando um resultado positivo e a satisfação do cliente.

**Gráfico 2:** Gráfico de Pareto 2



Fonte: Autores (2022)

No gráfico 2, é possível observar que todos os pontos foram corrigidos e tivemos uma melhora significativa no processo, tínhamos como meta alinhar o plano de controle ESD da empresa com a norma e como resultado do estudo tivemos a padronização do Novo Plano de Controle conforme Quadro 4.

**Quadro 4:** Novo Plano de Controle

Itens	Itens de Controle	Parâmetros Norma	Equipamento	Frequência
1	<b>Checklist</b>	-	Visual	Diário
2	<b>Piso</b>	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	Mensal
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	
		Andar < 100 volts	Medidor de Campo	
3	<b>Superfície móvel</b>	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	Semestral
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	
4	<b>Superfícies de trabalho</b>	Ponto a Ponto < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	Semestral ou a cada mudança de layout.
		Ponto para o terra < $1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	
		Triboeletrificação < 200 volts	Medidor de Campo	
		Botoeira - 1M ohms	Multímetro	
5	<b>Ionizador</b>	Tensão de Offset -35 < Voffset < 35	Analizador de carga ESD	Trimestral
		Tempo de descarga 8s para descarregar 1kV	Analizador de carga ESD	

Fonte: Autores (2022) – Adaptada da Norma ANSI/ESD 2020-2014



**Quadro 4:** Novo Plano de Controle (continuação)

Itens	Itens de Controle	Parâmetros Norma	Equipamento	Frequência
6	Fardamento	Ponto a Ponto $< 1 \times 10^{11}$ ohms	Megômetro	Semestral
		Triboeletrificação $< 100$ volts	Medidor de Campo	
7	Prateleira (quando utilizada para armazenar material sensível sem proteção)	Ponto a Ponto $< 1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	Semestral ou a cada mudança de layout.
		Ponto para o terra $< 1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	
8	Jig's de teste	Ponto a Ponto $< 1 \times 10^9$ ohms	Megômetro	Mensal
		Triboeletrificação $< 100$ volts	Medidor de Campo	
9	Aterramento de equipamento	$< 1.0$ ohm impedância	Medidor de aterramento	Bimestral ou a cada mudança de layout.
	Aterramento ESD / Aterramento AC	$< 25$ ohms	Medidor de aterramento	
10	Sapato e calcanheira	Ponto para o terra $< 1 \times 10^9$ ohms	Testador de pulseira/calcanheira	Toda vez que entrar na fábrica
		Ponto para o terra $< 1 \times 10^9$ ohms	Testador de pulseira/calcanheira	
	Pulseira antiestático	Ponto para o terra $< 3.5 \times 10^7$ Ohms	Testador de pulseira/calcanheira	
11	Parafusadeira	Ponta para o terra $< 10.0$ Ohm	Medidor de aterramento	Mensal
		Tensão da ponta $< 20$ mV	Medidor de aterramento	
12	Ferro de solda	Ponta para o terra $< 10.0$ Ohm	Medidor de aterramento	Diário
		Tensão da ponta $< 20$ mV	Medidor de aterramento	
13	Embalagem	Ponto a Ponto $< 1 \times 10^{11}$ ohms	Megômetro	Diário
		Triboeletrificação $< 100$ volts	Medidor de Campo	
14	PCB's e Módulos LCD	Triboeletrificação $< 100$ volts	Medidor de Campo	Mensal

Fonte: Autores (2022) – Adaptada da Norma ANSI/ESD 2020-2014

O Quadro 4 ficou como padrão de trabalho para a empresa pois alinha a Norma com os requisitos do cliente e baseado nisso pode ser uma sugestão de padrão inicial para qualquer empresa que está iniciando no ramo e que precisa trabalhar de forma preventivista a proteção contra descargas eletrostáticas, porém fica claro que a Norma é o documento padrão e o artigo é uma sugestão.

Comparando a importância do Quadro 4 com o trabalho de Oliveira (2022) fica evidente a importância de se tratar materiais que podem gerar eletricidade estática para os indicadores de qualidade e fica evidente que o senso de padronização ajuda na autodisciplina que tem relação com educação e conformidade, ou seja, a padronização do trabalho do (Quadro4) ajuda tecnicamente e influencia na parte comportamental das pessoas que irão trabalhar para manter os padrões contribuindo para a melhoria do

processo que segundo Santos (2020) informa que a melhoria continua é a busca por melhores resultados conforme evidenciado no antes e depois no gráfico pareto 2, onde bons resultados só são alcançados com o trabalho de um time, trazendo redução de perdas, custos e ganhos para operação.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo mostrou que a implementação da Norma ANSI/ESD S20.20-2014 tem como principal foco demonstrar os critérios para o controle de descarga eletrostática definidos e no estudo foi possível demonstrar as condições atuais, os padrões definidos pela norma e o antes e depois com a implementação do novo plano de controle. Após revisão foi possível observar a importância de implementar controles periódicos, que permitem garantir a qualidade de itens e componentes desde o recebimento até a produção final do bem de consumo.

A utilização das ferramentas da qualidade tais como, Gráfico de Pareto, 5W2H e Plano de Controle, foram peças chaves para o resultado positivo da implementação e fizeram com que o trabalho fosse assertivo sendo possível continuar com a melhoria continua contribuindo significativamente na detecção dos problemas com antecedência. Nesse processo é possível evidenciar que a Norma foca principalmente na prevenção devido a quantidade de itens a serem controlados e também pela frequência de verificações diárias, mensais e etc. Portanto a implementação desses novos controles foram de suma importância para o cliente, melhorando a percepção da qualidade em relação a esse processo, demonstrando para a empresa que os processos sempre podem ser melhorados e que a cultura da qualidade sempre pode evoluir principalmente quando aplicamos as ferramentas com base nas normas de referências.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, Bruno Nóbrega de Paiva et al. A utilização da ferramenta 5W2H: uma proposta de melhoria no setor produtivo de uma empresa industrial de artefatos em acrílico. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- [2] ANSI/ESD S20.20-2014 ESD Association Standards for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program for – Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies and Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices).
- [3] DE ALMEIDA, Samuel; JUNIOR, Edney Grande Chaves; GUEDE, José Ricardo Abalde. 2007. Descargas Eletrostáticas no ambiente de aviação.
- [4] DOS SANTOS, Osmildo Sobral et al. Processo de melhoria contínua: estudo de caso aplicado em uma empresa gráfica. Research, Society and Development, v. 9, n. 9, p. e101997204-e101997204, 2020.
- [5] FONSECA, Alcione Rocha; LIMA, Alexandra Amaro de. Importância da aplicação das ferramentas de qualidade na identificação dos problemas elétricos em uma empresa do polo industrial de Manaus. 2022. E-book Tópicos de Engenharia Elétrica I.
- [6] KOVALESKI, Fanny. Construção de um plano de controle para uma planta de motores de uma indústria automobilística. 2016. Bachelor's Thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [7] MACHADO, Bruna Siqueira Bernardo; VIEGAS, Marcelo Caldeira. As Ferramentas da Qualidade utilizadas no Laboratório de Análises Clínicas de Um Hospital Para a Otimização de Processos. 2012. UNOPAR Cient., Ciênc. Juríd. Empres., Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-80, Mar. 2012.
- [8] OLIVEIRA, Antonio Recielton Sousa de; LIMA, Alexandra Amaro de. Controle da descarga eletrostática no ambiente indústria. 2022. E-book Tópicos de Engenharia Elétrica I.

[9] PICININI, E. F., & Dias, T. F. Gerenciamento do cronograma de projetos como fator de sucesso para sua execução: Estudo de caso em uma empresa de calçados no vale do Paranhana/RS. 2022 Revista de Administração de Empresas Eletrônica-RAEE, (16), 59-85.

[10] YOUNG, Hugh D. Física III: Eletromagnetismo / Young e Freedman; [colaborador A. Lewis Ford]; tradução Sonia Midori Yamamoto; revisão técnica Adir Moys's Luiz – São Paulo: Addison Wesley. 2009.

# Capítulo 11

## *Sistema fotovoltaico flutuante: Uma abordagem de alta performance com ganho de produtividade de geração e maior durabilidade dos sistemas*

*Dilkson Vila Nova Gomes*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O projeto solar flutuante (FVF), visa trazer uma diferença considerável na geração de energia de fontes renováveis (fonte solar fotovoltaica) comparado aos sistemas instalados em solo, sistema solar fotovoltaico convencional (em terra). Além de desenvolvermos uma plataforma que não agride o meio ambiente temos as vantagens do uso destes dispositivos, destacando-se a melhoria da eficiência de conversão com acréscimos, tais como: diminuição de temperatura de operação dos módulos por si só, uma maior eficiência, já que o arrefecimento causado pela proximidade com a lâmina d'água reduz a temperatura dos módulos fotovoltaicos, o que incrementa sua eficiência permitindo que haja um maior desempenho na geração do sistema, uma redução da evaporação da água ao absorver parte da radiação incidente, economia com a aquisição de terrenos para instalação dos painéis fotovoltaicos e preparação dos mesmos, grande disponibilidade e fácil acesso à água para realizar a limpeza dos painéis fotovoltaicos, melhorando sua eficiência, ausência de sombreamento causado por estruturas vizinhas, e com a implementação de um sistema aquático de rastreamento horizontal (tracking) de 01 (um) eixo ou 2 (dois) eixos – rastreamento vertical, para otimizar a geração de energia é possível aumentar mais ainda a sua geração no local. Pontuando o setor ambiental do futuro da geração de energia no Brasil, estamos a falar que a cada dia temos uma menor quantidade de áreas de terra disponíveis para implantação das usinas de solo com parques fotovoltaicos de grande escala e utilização da terra para atividades mais nobres como a produção de alimentos, a superfície de água abundante existente na Bacia Hidrográfica da Amazônia Ocidental com seus rios, lagos e lagoas que podem nos ajudar a encontrar uma melhor sinergia entre a geração verde de energia e seus impactos ambientais a cada dia mais reduzidos. O estudo de caso ocorreu em parceria com o Centro de Excelência em Eficiência Energética da Amazônia – CEAMAZON, através de uma análise da metodologia empregada para a implantação do sistema fotovoltaico flutuante (Etapa de 50,6 KWp) na margem do Rio Guamá, adjacente ao Campus da Universidade Federal do Pará (UFPA), como fruto do projeto de P&D+I intitulado “Desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora de materiais avançados em energia e mobilidade aplicados ao contexto amazônico (EMOB-AMAZON)”, onde foi constatado que além de flexibilizarmos a instalação, visto que as licenças ambientais ainda estão em fase de homologação, teremos o aumento da vida útil do sistema uma vez que os painéis fotovoltaicos trabalham em uma temperatura drasticamente menor que trabalhariam se estivessem instalados em telhado ou até mesmo em solo.

**Palavras-chave:** Geração de energia; sustentabilidade; tecnologia.

## 1. INTRODUÇÃO

Embora a crise energética não seja um assunto recente, ainda é um tema de constante debate na sociedade e se constitui em um dos grandes desafios da atualidade. Alguns fatores relacionados a isso podem ser destacados, como a redução das reservas mundiais de petróleo, após a crise na década de 1970, o impacto ambiental causado pelo uso de energias não renováveis e a crescente demanda por recursos naturais

Por várias décadas, a hidroeletricidade tem se destacado no cenário elétrico brasileiro e se consolidado como a principal fonte de geração do país, sendo responsável pela maior parte do atendimento ao mercado de energia nacional. No entanto, as crescentes restrições ambientais que têm se manifestado desfavoravelmente às hidrelétricas, estão contribuindo para a redução de seu potencial de geração e, conseqüentemente, para um aumento da vulnerabilidade do sistema elétrico brasileiro.

Um exemplo disso são as variações climáticas que, durante os períodos prolongados de baixa pluviosidade, afetam diretamente a capacidade de geração dessas usinas em razão da redução no nível de seus reservatórios, o que por sua vez acarreta déficits na sua produção de energia. Para compensar essa redução, tem-se o acionamento das usinas térmicas (a Gás Natural, a Carvão Mineral e a Combustíveis Fósseis) que, devido ao seu alto custo de operação e produção, acaba encarecendo o valor das contas de energia e ainda contribui para o aumento do efeito estufa ao liberar grandes quantidades de gases poluentes na atmosfera, os chamados Gases de Efeito Estufa (GEE), principalmente o CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e o CH<sub>4</sub> (Metano, emissões das Usinas Hidrelétricas (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH).

Nesse contexto, torna-se importante e necessária a busca por alternativas e medidas que sejam capazes de mitigar os efeitos dessas restrições e, com isso, contribuir para o aumento da segurança energética do país e para minimizar os impactos ambientais provocados pela emissão de gases poluentes na atmosfera. No Brasil a fonte hidráulica (consistindo em usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas) gerou 55,3% da eletricidade em 2021, enquanto outras fontes de energia 44,7%. Dentre essas fontes, o destaque é a geração de energia termoelétrica (gás natural: 13,2%), biomassa (7,9%), derivados do petróleo (2,8%), carvão mineral (2,7%), eólica (11,0%), nuclear (2,2%), outras (2,3%) e solar (2,6%). Embora a mudança mais significativa foi verificada entre 2019 e 2020 em que a geração fotovoltaica aumentou 61,1%, enquanto o uso de termoelétricas diminuiu 22,1%, os movimentos de grande destaque entre 2020 e 2021 foram o aumento de 113,2% da geração elétrica com derivados de petróleo e a queda de 8,5% da geração de eletricidade pela fonte hidráulica. (Fonte: EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2021 e 2022).

A tecnologia fotovoltaica vem sendo amplamente utilizada no Brasil, pois o país tem grande potencial para desenvolver esse recurso. No entanto, uma das dificuldades encontradas na instalação de projetos fotovoltaicos é a ocupação do espaço urbano, nesse sentido os projetos de painéis fotovoltaicos flutuantes têm sido explorados (Silva & Souza, 2017).

O sistema fotovoltaico flutuante é composto por: a) sistema de flutuação: abrange uma armação flutuante, com uma estrutura com flutuador, permitindo a instalação do módulo fotovoltaico; b) sistema de ancoragem: possibilita ajustar a flutuação do nível da água mantendo a posição do sistema na direção norte (hemisfério sul); c) sistema fotovoltaico: são os equipamentos de geração solar fotovoltaica, inseridos sobre o sistema

de flutuação; e d) cabos de energia: responsáveis pela transmissão da energia.

Uma vez que o conceito de energia fotovoltaica flutuante só surgiu recentemente, todas as vantagens e limitações deste sistema não foram claramente determinadas devido as peculiaridades de cada local de implantação (Costa, 2017). Em comparação com as instalações tradicionais, os sistemas fotovoltaicos flutuantes ainda são considerados de risco relativamente alto pelos investidores e pela comunidade científica. (Rebelo, 2021). As fontes energias renováveis alternativas, como a geração fotovoltaica flutuante, apresentam diversas vantagens, mas ainda trazem desafios que precisam ser mais bem compreendidos e superados (Borda & Novak, 2018). Uma alternativa que tem se mostrado bastante promissora para auxiliar e otimizar a produção de energia das usinas hidrelétricas é a aplicação de sistemas fotovoltaicos flutuantes instalados sobre a superfície de seus reservatórios. A ideia é formar um sistema híbrido de geração elétrica a partir das fontes hidráulica e solar, capazes de operar de forma combinada e compartilhando da mesma infraestrutura de transmissão (já disponível para a usina hidrelétrica), aumentando assim a eficiência de geração e trazendo uma maior segurança e confiabilidade para o sistema como um todo.

A quantidade de energia gerada por uma usina hidrelétrica (UHE) depende diretamente da quantidade de água acumulada em seu reservatório. Dessa forma, suas turbinas hidráulicas possuem uma maior disponibilidade durante períodos úmidos e uma geração mais limitada durante períodos secos. Por outro lado, a geração fotovoltaica é favorecida em períodos secos devido à menor incidência de nuvens, o que proporciona intervalos mais prolongados de irradiação contínua. Essas características, por sua vez, contribuem para uma possível complementariedade entre essas fontes ao longo das diferentes estações do ano, onde a geração solar durante o dia permite a economia de água no reservatório da hidrelétrica, a qual passa a ser utilizada durante o período noturno e em horários de ponta ao final do dia e, com isso, garante o atendimento aos picos de demanda.

Nesse sentido, conclui-se que a complementariedade dessas fontes de energia pode ser considerada bilateral, podendo ser avaliada tanto do ponto de vista da geração fotovoltaica quanto da geração hidráulica. A curto prazo, a energia hidráulica auxilia na compensação da geração intermitente e variável da energia fotovoltaica e, a médio e longo prazo, a economia de água do reservatório em função da geração fotovoltaica durante o dia permite o atendimento aos picos de demanda de forma mais planejada e otimizada.

De modo geral, quanto maior a contribuição da energia fotovoltaica no sistema híbrido, menor a contribuição da energia hidráulica e, assim, maior a energia armazenada nos reservatórios (Alencar, Stedile & Junior, 2018), notadamente nos períodos secos. Da mesma forma, quando a geração fotovoltaica diminui em função da intermitência, a energia hidráulica pode rapidamente compensar essa redução, o que possibilita a obtenção de uma geração relativamente constante, confiável e despachável. Nesse sentido, este estudo tem como objetivo realizar uma divulgação dos principais benefícios, tais como a alta performance com ganho de produtividade de geração e maior durabilidade dos sistemas de geração de energia fotovoltaica flutuante em corpos d'água em relação aos sistemas de solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos deste estudo, inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica em busca de entender os conceitos, relevância, a evolução e o nível de maturidade na implantação de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes. Segundo Pereira (2018, p.28) a metodologia de estudo científico é um processo sistemático, à procura de respostas à pauta relacionadas, é a direção que se necessita percorrer para construir à formulação de uma teoria científica. É um processo cauteloso, que percorre uma via sistemática. O autor acrescenta ainda, que na pesquisa qualitativa, em geral, o pesquisador é o principal instrumento e os dados coletados são preferencialmente descritivos (Pereira et al., 2018).

Nesse contexto, a pesquisa indicou como oportuno o uso da tecnologia flutuante PROTEVS®, desenvolvida e patenteada pela empresa SolarisFloat, parte da empresa do JP.GROUP, um grupo empresarial português, com presença internacional em mais de 70 países e que atua principalmente no setor de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A tecnologia consiste em painéis fotovoltaicos montados em uma estrutura flutuante composta por vários flutuadores ligados entre si para formar uma grande plataforma solar sobre a superfície aquática. Os flutuadores PROTEVS® são feitos de PEAD/HDPE (polietileno de alta densidade, reciclável), através de extrusão por moldagem a sopro.

Conforme pode ser visualizado na Figura 1, o *Campus* do Guamá possui uma extensa orla banhada pelo Rio Guamá. Além disso, o *Campus* possui diversos tipos de edificações, como prédios administrativos, salas de aula, laboratório, bancos, um hospital, Restaurantes Universitários (RU), entre outros. Em relação aos RU, existe o RU do Básico e o RU do Profissional. Sendo que todo o armazenamento e preparação das comidas, se concentram no RU do Básico. Por conta disso, o RU do Básico é uma das edificações com maior consumo de energia do *Campus* do Guamá da UFPA.

A UFPA possui um Sistema de Gestão de Energia Elétrica (SISGEE), composto por medidores de energia instalados em alguns prédios do Campus e um *software* de monitoramento do consumo de energia e outras grandezas elétricas. O RU do Básico possui dois medidores do SISGEE, sendo um instalado no quadro elétrico dos ar-condicionado e outro instalado no quadro elétrico de iluminação e tomadas, onde são ligados os frigoríficos e outras cargas, sendo este último o que apresenta a maior carga. Destaca-se que o sistema solar fotovoltaico flutuante será ligado no segundo quadro elétrico de maior carga. De acordo com os dados do SISGEE, o consumo mensal médio de energia do RU do Básico é de 1.021 kWh, sendo o seu horário de máxima demanda das 9h às 15h e das 16h às 20h. Dessa forma, é possível verificar que boa parte do seu horário de máxima demanda coincide com a curva de geração diária dos sistemas solares.

**Figura 1: Campus do Guamá (UFPA)**

Fonte: [www.ufpa.br](http://www.ufpa.br) (acessado em outubro de 2022)

A escolha do local onde ocorrerá a instalação da primeira plataforma fotovoltaica flutuante da UFPA considerou a distância entre a planta e a subestação com o intuito de reduzir a quantidade de cabos elétricos para diminuir as perdas elétricas associadas à transmissão de energia gerada. Além disso, outra característica importante que a região deveria possuir esta relacionada ao nível de profundidade requerido para a operação segura do sistema flutuante. Diante dessas restrições, encontrou-se uma região que contém os critérios estabelecidos e está situada na margem direita do Rio Guamá, na orla da UFPA, a qual possui profundidade suficiente para assegurar a flutuabilidade da plataforma, mesmo quando o rio atingisse sua cota mínima.

Os principais dados coletados do local e necessários para a elaboração do estudo técnico preliminar e posteriormente o projeto básico foram: variação do nível de água e nível mínimo, valores da correnteza máximo e mínimo (nos embaiamentos, áreas de remanso, este valor cai, pois são áreas protegidas), valores da velocidade do vento (máximo e mínimo), características da geologia do fundo do rio (tipo de leito do rio: areia, lodo, pedra,...), distância do sistema à margem e distância do sistema (USFVF) ao ponto de interligação.

Outra definição importante foi a escolha do local mais adequado para a instalação do eletrocentro, que é a sala elétrica onde ficam os inversores fotovoltaicos, eletrocentro onde está localizado o padrão de entrada e a conexão com a rede, sistema supervisor e auxiliares da usina fotovoltaica flutuante (FVF).

A localidade escolhida para a implantação da solução não ofereceria riscos à segurança das instalações e diminuiu a distância entre a plataforma FV flutuante, o Eletrocentro e o quadro elétrico, conseqüentemente, diminuiu-se também o comprimento e a seção dos cabos CC necessários para a conexão. Além disso, o local não exige a construção de uma base de 1 m de altura para a acomodação do eletrocentro, já que considerando a diferença entre a cota maximorum do rio no lado da Orla e a cota do local de instalação, que é de aproximadamente 3,60 m, não há o risco de inundação do eletrocentro caso esse fosse instalado próximo ao solo. A Fig. 2 mostra o eletrocentro instalado sobre a base de concreto armado feita para sustentá-lo e uma vista aérea da orla da UFPA que evidencia os principais pontos da planta FV Flutuante.

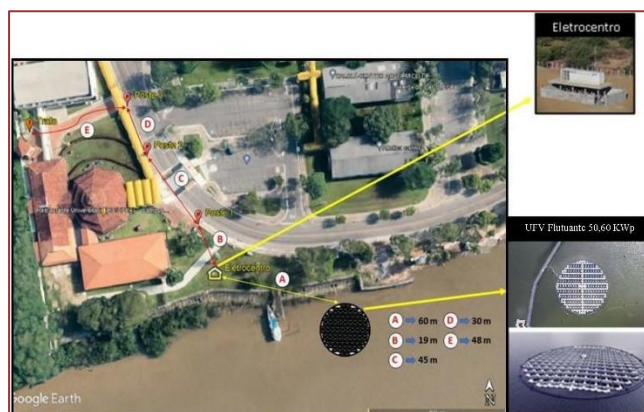
A principal diferença entre um sistema solar fotovoltaico convencional (em terra) e uma usina fotovoltaica flutuante (FVF) é a plataforma flutuante (estruturas de suporte



para fixação dos módulos fotovoltaicos, cabos e em alguns casos também inversores), juntamente com ancoragem e ancoradouro.

Um sistema fotovoltaico convencional em solo é composto principalmente por módulos fotovoltaicos, inversores e estruturas de suporte dos módulos, que podem ser fixas ou com rastreamento de 1 ou 2 eixos.

**Figura 2:** Vista Aérea da Orla da UFPA mostrando os principais pontos da instalação da USFVF



Fonte: Autores (2022)

Basicamente, uma usina fotovoltaica flutuante é constituída de (Figura 3):

- i. Módulos fotovoltaicos: captam a irradiação solar e convertem em energia elétrica;
- ii. Plataformas flutuantes: estrutura de suporte para instalação dos módulos fotovoltaicos, além de proporcionar estabilidade e flutuabilidade a estes, contendo passarela para manutenção, suporte para os cabos elétricos e inversores, em alguns casos;
- iii. Ancoragem e amarração: para fixação da plataforma flutuante nas margens e/ou no fundo do corpo d'água, e que deve ser capaz de resistir aos esforços causados pela variação do nível d'água e pelo vento; e
- iv. Cabos elétricos: podendo ser inclusive cabos subaquáticos.

**Figura 3:** Esquema geral solar fotovoltaico flutuante (FVF)



Fonte: Adaptado de Choi (2014)

A estrutura flutuante escolhida para instalação dos painéis fotovoltaicos foi a PROTEVS® que é uma solução fotovoltaica flutuante, desenvolvida pela SolarisFloat, para corpos d'água interiores, como lagos artificiais de barragens, reservatórios de água, lagoas, canais, rios, entre outros. O PROTEVS® se diferencia de outras soluções por seu design inovador, modularidade e flexibilidade.

O recurso de rastreamento solar disponível visa aumentar a energia gerada por unidade de potência instalada em comparação com outras soluções. A solução PROTEVS® inclui a possibilidade de instalar um sistema de rastreamento com rastreamento solar de 1 eixo (PROTEVS® Single 360) ou solução fixo - sem rastreamento. Com sua arquitetura modular e escalável, o PROTEVS® foi projetado para garantir flexibilidade e confiabilidade preparada para diferentes tipos de áreas. Seu tipo de arquitetura visa uma solução viável e fácil montagem, devido aos vários componentes de fácil manuseio mas com altos níveis de resistência e durabilidade.

A solução PROTEVS® responde a uma necessidade atual do mercado de esgotamento de terrenos úteis para a produção de energia verde e não menos importante pode ser instalado em corpos d'água com potencial de melhorar o ecossistema circundante, contribuir para a recuperação de corpos d'água degradados e aumentar simultaneamente a quantidade de energia verde gerada.

O PROTEVS® é projetado considerando diferentes perspectivas – Otimização, Confiabilidade e Não Impacto Ambiental – sempre com o objetivo de fornecer uma proposta de valor de alto nível e qualidade, fatores de diferenciação em comparação com outras soluções flutuantes. O rastreamento de 1 eixo PROTEVS® característica com sua rotação da plataforma (eixo vertical) com módulos com inclinação fixa (entre 0º a 25º definido na fase de concepção do projeto) é um bom exemplo, Fig. 4. Além disso, a forma circular da plataforma e sua arquitetura permitem a devida resistência e flexibilidade para suportar condições ambientais duras (ondas de até 2 m e calado de vento de até 220 Km/h). Além disso, seu design exclusivo e quebra-mar externo garantem maior resistência, minimizando o efeito das ondas, proteção para detritos de água que podem danificar a plataforma, garantindo um bom funcionamento e condição da solução global durante a sua vida útil. Os termoplásticos utilizados nos flutuadores, possuem componente de proteção UV e design para sustentar a vida útil esperada deste tipo de soluções - até 25 anos.

A plataforma não cobre toda a superfície da água (Figura 4), não bloqueando totalmente o sol evitando impactos negativos para o ecossistema local.

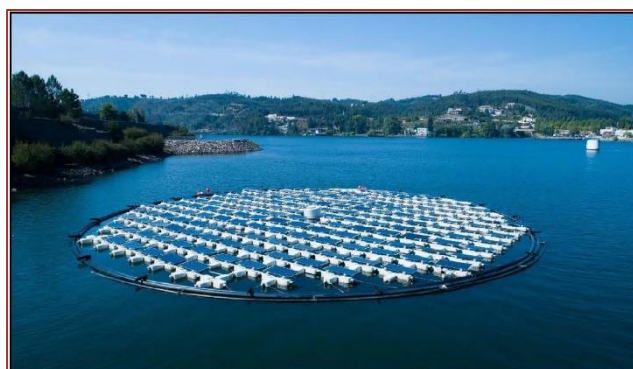
Principais fatores de diferenciação:

- Produção otimizada devido ao efeito de resfriamento da água;
- Uso de infraestruturas pré-existentes para conexão de rede;
- Capacidade de criar áreas de produção fora da rede;
- Nenhuma preparação de terra necessária;
- Redução da evaporação (até 40%);
- Minimiza o conflito de ocupação da terra para outras necessidades (por exemplo, agricultura);
- Rastreo (tracking): de 1 ou 2 eixos;

- Configuração modular da plataforma flutuante;
- Solução padrão escalável;
- Resfriamento EXTRA dos painéis (proximidade da água) garante estabilidade de produção de energia;
- Resistente a ondas;
- Resistente a tempestades;
- Produção e logística otimizadas.

A sustentabilidade da solução PROTEVS® foi desenvolvida com alguns pilares fundamentais sendo a baixa pegada de carbono levando em consideração a reutilização, reciclagem e baixa logística, promovendo simultaneamente e ao mesmo tempo na área de instalação a alavancagem da economia local e circular.

**Figura 4:** Sistema Solar Fotovoltaico Flutuante da SolarisFloat com tecnologia flutuante PROTEVS®



Fonte: Autores (2022)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em primeiro lugar, a escolha do material. A base da solução PROTEVS® são materiais termoplásticos 100% reciclável, desenvolvido especificamente para o PROTEVS® ter alta resistência aos raios UV e ao impacto garantem o melhor desempenho do produto durante todo o tempo, sem impacto no desenvolvimento da vida da água. Outro material utilizado é o aço ou o alumínio para suportar os painéis fotovoltaicos.

Em conclusão todos aqueles os materiais são 100% recicláveis no final da vida útil e apenas menos de 5% são componentes elétricos e materiais com taxa de reciclagem inferior a 100%.

O SOLARISFLOAT é o seu principal produto, o Sistema PROTEVS®, surge da necessidade de criar um novo e solução tecnológica inovadora dentro da indústria solar fotovoltaica flutuante. PROTEVS® é uma solução exclusiva de última geração feita de plataformas flutuantes modulares com rastreamento de um ou dois eixos visando assegurar os mais altos níveis de produtividade energética possíveis.

Sendo uma solução modular e escalável, o PROTEVS® foi projetado para garantir flexibilidade e confiabilidade preparados para diferentes tipos de áreas. Seu tipo de

arquitetura visa uma montagem viável e fácil, devido aos vários componentes de fácil manuseamento, mas com elevados níveis de resistência e durabilidade.

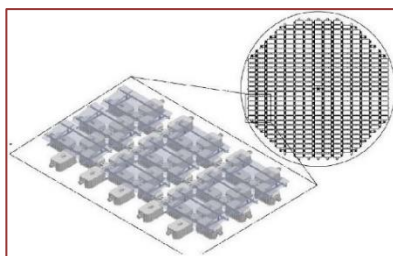
O tipo de materiais usados no PROTEVS® e a forma como a solução geral se encaixa na superfície da água é ecologicamente correto, sem impacto negativo para o ecossistema, mesmo durante a implementação e vida.

Desenvolvido pela SOLARISFLOAT, o PROTEVS® é um projeto único no mundo que certamente trazem novos desafios para o meio ambiente, a economia e a indústria solar fotovoltaica. Composto por plataformas flutuantes modulares com suporte para qualquer tipo de módulo fotovoltaico - com rastreamento ou fixo - PROTEVS® é uma solução modular, destacável, escalável, confiável, de fácil processo de instalação o sistema solar fotovoltaico flutuante. Para manter e prevenir o envelhecimento precoce e o impacto das condições climáticas, os termoplásticos materiais, desenvolvidos especificamente para PROTEVS®, possuem alta resistência ao impacto e resistência aos raios UV, para garantir o melhor desempenho do ciclo de vida do produto.

O PROTEVS® Single360, sendo um rastreamento de eixo único, visa maximizar a relação entre produção de energia e a capacidade instalada. Este conceito de solução é adequado para locais onde os efeitos benéficos do rastreamento de 2 eixos não são diferenciadores - mantendo a modularidade do sistema implícito no projeto do produto, o PROTEVS® Single360 oferece uma redução despesas de manutenção, mantendo **um aumento na produção de energia de até 30% em relação aos sistemas fixos**. Esta solução considera uma ilha com até 392 módulos fotovoltaicos.

#### **PROTEVS® Simples 360:**

- Plataforma flutuante composta por até 392 PV módulos, com rastreamento de um eixo;
- Módulos fotovoltaicos com inclinação fixa definida na fase de projeto (0° a 25°);
- 50,60 kWp de capacidade instalada (se forem usados módulos Canadian Solar Inc. 550 Wp);
- O rastreamento horizontal (rotação) da plataforma é executado seguindo o sol;
- Layout modular para acomodar várias plataformas conectados juntos para grandes projetos;
- Plataforma com 49 m de diâmetro (1.886 m<sup>2</sup>);
- Proporciona um aumento na produção de energia em até 30%;
- O “anel” externo atua como um quebra-mar para atracação e ancoragem e protege a plataforma das ondas e detritos;
- Consumo estimado de energia inferior a 0,5 %;
- O ar refrigerado a água garante menor temperatura do painel aumentando a produção de energia.

**Figura 5:** Detalhamento do arranjo dos flutuadores

Fonte: Autores (2022)

O **PROTEVS® Fixo**, visou maximizar a capacidade instalada com a mesma área ocupada. Sendo uma solução fixa, a inclinação dos módulos fotovoltaicos (até 592 unidades) pode ser definida na fase de projeto e ser fixado até 12°. De pequenos projetos a utilidades de grande porte, esta solução garante que diferentes layouts podem ser aplicados, a fim de acomodar melhor as limitações do site.

- Layouts modulares para se adaptar a cada site;
- Várias plataformas podem ser definidas com orientação diferente para maximizar a produção;
- Módulos fotovoltaicos normais e superdimensionados podem ser usados;
- 241 KWp ou 292 KWp de capacidade instalada (se forem utilizados módulos de 500 Wp);

### 3.1. CONCEITOS-CHAVE DAS SOLUÇÕES PROTEVS®

Cada uma das soluções PROTEVS® é composta pelos mesmos Módulos Fotovoltaicos e Sistema de Controle e Rastreamento Solar, alterando apenas a disposição da plataforma flutuante e as estruturas de suporte do painel para cada versão, bem como um sistema de ancoragem diferente otimizado para cada local de localização.

A maioria dos componentes são feitos de polipropileno, aço inoxidável ou alumínio. Dentro do estojo de materiais plásticos, diferentes graus de matéria-prima foram desenvolvidos especificamente para o tipo de aplicação, incluindo a adição de pigmentos de cor e proteção UV. O processo de produção adotado é o processo de injeção, pois permite uma alta taxa de produção e alta controle das peças, aumentando assim a confiabilidade na funcionalidade dos componentes desta solução.

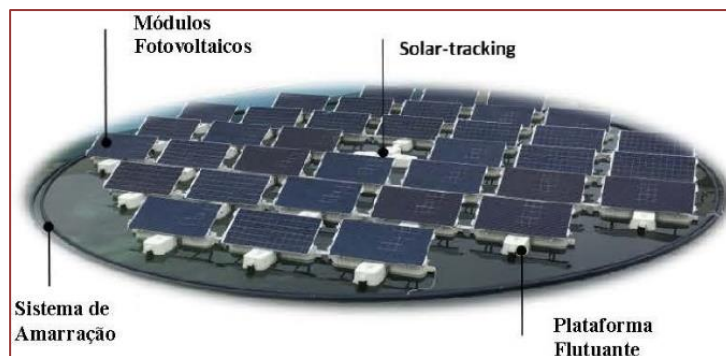
Os módulos fotovoltaicos podem ser de qualquer tipo e dimensões (até 2400mm x 1200mm) e não há limitação específica ou esquema elétrico pré-definido, pois o PROTEVS® é uma plataforma flutuante universal que permite o uso da maioria do hardware elétrico, combinações e configurações no mercado solar (Figura 6).

É possível por exemplo:

- conectado diretamente a uma caixa DC Combiner que coleta a energia de todas as strings em uma ilha e envia para o inversor;
- conecte diretamente cada string ao inversor;
- para colocar o inversor em terra ou em uma plataforma flutuante;

- O sistema completo de geração de energia fotovoltaica pode ser monitorado, bem como o rastreamento do próprio sistema, se instalado.

**Figura 6:** Principais componentes da solução PROTEVS®

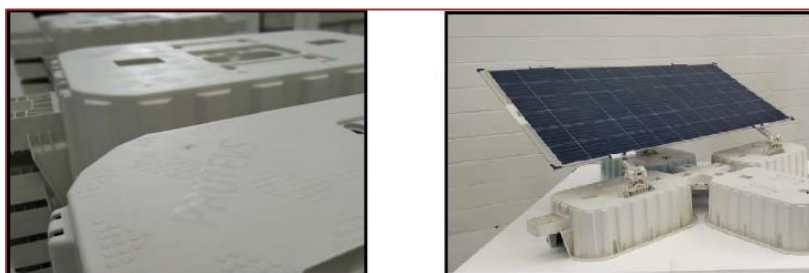


Fonte: Autores (2022)

Os módulos fotovoltaicos da solução PROTEVS® são suportados pela plataforma flutuante onde cada painel é suportado por um conjunto de 4 (quatro) flutuadores conectados entre si por conectores, conforme Fig. 7. Esses flutuadores são responsáveis pela flutuação de toda a plataforma. O flutuador é responsável pela rigidez estrutural necessária para suportar os módulos fotovoltaicos durante a operação sendo utilizado também como corredor, possibilitando a realização de operações de manutenções.

O sistema PROTEVS® foi concebido com flutuabilidade extra (Figura 7) para proporcionar uma operação estável quando sujeita a ventos, correntes e/ou suportar a sua utilização como passagem para pessoas e operação manutenção. A capacidade de flutuação individual de cada flutuador PROTEVS® é de 500N ( $\approx 50\text{Kg}$ ), o que significa que para um módulo há uma capacidade total flutuante de 2.000 N ( $\approx 200\text{Kg}$ ).

**Figura 7:** Flutuadores PROTEVS® + Conector + Estrutura Suporte + Mód FV



Fonte: Autores (2022)

### 3.2. SISTEMA DE RASTREAMENTO HORIZONTAL

A rotação horizontal alinhará o PROTEVS® com a posição do Sol ao longo do dia (Azimute) por um sistema patenteado que permite que os módulos fotovoltaicos fiquem de frente para o sol durante o dia, girando em torno centro do sistema (eixo vertical virtual – Figura 8)

**Figura 8:** Plataforma com a Solução SolarisFloat com Sistema de Rastreamento Horizontal



Fonte: Autores (2022)

No sistema de rastreamento de um eixo PROTEVS® os módulos fotovoltaicos possuem uma inclinação fixa (definida no projeto design) que pode ir até 25°. Esta abordagem permite a adaptação adequada de acordo com cada projeto e especificidades visando uma produção otimizada.

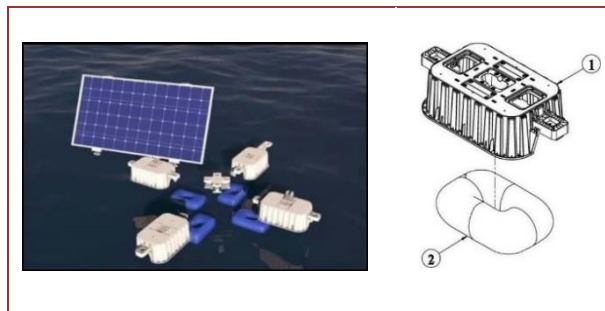
Como se observa nas Figuras 5, 6 e 7 o sistema PROTEVS® consiste em painéis solares FV montados em uma estrutura flutuante, a qual é composta por vários flutuadores ligados entre si através de conectores para formar uma grande plataforma solar sobre a superfície aquática. Uma estrutura flutuante é composta também pelas peças de fixação dos painéis, das guarnições de borracha, dos pinos de conexão dos flutuadores e demais materiais necessários para montagem da plataforma FV.

Os 4 (quatro) flutuadores foram projetados para suportar o painel FV. Um perfil em T é criado neles durante o seu processo de fabricação, onde são encaixados trilhos de alumínio que têm a função de fixar o módulo fotovoltaico sobre o flutuador. Já o conector, foi projetado para ligar os flutuadores principais e manter uma distância adequada entre as fileiras de módulos adjacentes de forma a evitar sombreamento. Além disso, ele serve de apoio para a circulação das equipes técnicas sobre a plataforma, com vistas à realização das atividades de limpeza e manutenção, por exemplo.

Os flutuadores são peças ocas com espessura de parede de aproximadamente 3 mm que possuem apenas um pneumático (câmara de ar) de ar em seu interior como se observa na Figura 9. Essas peças são dotadas de tampas valvuladas que têm a função de aliviar os efeitos da dilatação térmica do ar existente em seu volume interno, de forma a evitar deformações que comprometam a sua estrutura. O design dos flutuadores principais que serão aplicados na Plataforma Solar Flutuante do CEAMAZON será concebido de tal forma que conferirão aos painéis fotovoltaicos uma inclinação de 15° ou 25° quando fixados sobre ele. Essa inclinação se mostra compatível com a latitude do local de instalação (1°28'37.71"S) e atende às restrições das cargas de vento locais, além de facilitar o efeito autolimpante promovido pelas chuvas. A fixação do painel FV é assegurada por um sistema projetado pela *SolarisFloat* que se adapta às características

do módulo (tamanho e características de moldura) e que evita qualquer carga sobre a sua moldura.

**Figura 9:** Detalhes dos flutuadores (1), conector e pneumáticos (2)



### 3.3. O QUEBRA-MAR (QM)

Aplicado à plataforma atende a vários propósitos:

- Elemento de conexão entre a plataforma e o sistema de amarração;
- Suporte ao sistema de rastreamento;
- Proteção da plataforma contra detritos flutuantes e subaquáticos;
- Ponto de ancoragem para manutenção.

Este componente é construído com tubos de PEAD Flexível (de série), garantindo uma maior estabilidade e resistência ao conjunto da plataforma.

O Tubo PEAD Flexível aceita desvios tênues em sua estrutura, assim, não é preciso uma intervenção muito grande em sua forma original. Por causa de sua movimentação garantida, o **Tubo PEAD Flexível** pode ser dividido entre duas possíveis matérias-primas, os materiais elásticos e viscoelásticos - materiais termoplásticos, sendo muito recente o uso do PEAD que vem substituindo materiais utilizados em sistemas de saneamento e drenagem, canalização e manejo de líquidos. Além disso, como a rugosidade do **Tubo PEAD Flexível** também permite variações, nota-se uma maior força estrutural no exterior do Tubo PEAD Flexível e a eficiência em conduzir o material por conta de seu interior liso. O tubo PEAD em barra vem sendo preferido por segmentos da indústria pela sua longa durabilidade, além destas além de possui menor densidade do que tubos fabricados com outros materiais. O tubo de polietileno possui densidade menor do que a da água, o que possibilita que os canos sejam utilizados em corpos de água se mantendo sempre acima do nível sem a necessidade da instalação de flutuadores. A instalação do tubo PEAD em barra é feita de maneira rápida e segura, pois o PEAD possui uma capacidade maior de vedação e flexibilidade, permitindo que a tubulação desvie de obstáculos ou se adapte às irregularidades do terreno, sem a necessidade da instalação de múltiplas peças de conexão para corrigir o curso. Possui grande variedade de tipos compatíveis de conexões, o tubo PEAD para água pode ser conectado também através da soldagem termoplástica, que une partes da tubulação sem a necessidade de instalação de outras peças. Em barras os tubos PEAD podem variar de 20 a 730 mm de diâmetros e até 12 metros de comprimento.



### **3.4. O SISTEMA DE AMARRAÇÃO**

É projetado para fixar com precisão a plataforma em uma posição conhecida, apesar das condições meteorológicas, variações do nível da água, correntes e outros fatores externos, após uma avaliação das condições do local e batimetria. Esta avaliação considera o local desejado para a plataforma e quaisquer constrangimentos que possam surgir, para conceber um sistema de amarração definido e forte para a instalação. Uma possível ilustração do sistema de ancoragem para instalações PROTEVS® é mostrada na imagem abaixo: a plataforma é conectada a âncoras ou chumbadas na parte inferior com cabos baseados em uma solução de catenária que normalmente é utilizada em ancoradouros de barcos, o que confere à plataforma flexibilidade para compensar as variações do nível da água.

Os sistemas flutuantes são estruturas complacentes, já que possuem a característica de apresentar grandes deslocamentos quando submetidos à ação de cargas ambientais. Dessa forma, torna-se necessária a utilização de um sistema de ancoragem que limite tais deslocamentos a níveis aceitáveis, respeitando ao mesmo tempo a mudança de nível da água do reservatório e sendo resistente às cargas geradas pela ação dos ventos e correnteza.

Buscando garantir um melhor desempenho e durabilidade para o sistema de ancoragem, optou-se por utilizar uma nova concepção técnica capaz de atender a todos os atuais requisitos técnicos e de segurança necessários para assegurar a adequada instalação e operação do Sistema Fotovoltaico Flutuante.

Outros fatores importantes que necessitarão ser revisados são a logística e os procedimentos de instalação necessários para o transporte e lançamento desses blocos de ancoragem nas coordenadas georreferenciadas especificadas em projeto que, devido ao elevado peso e também à distância de aproximadamente de 100 a 200 m entre o local de instalação e o local que se mostrou mais favorável para a fabricação dos blocos, exigirá a escolha de empresa especializada nesse tipo de serviço e com equipamentos capazes de efetuar todos os procedimentos de instalação necessários e com o alto nível de segurança exigido para os trabalhos realizados em rios.

### **3.5. IMPACTO AMBIENTAL**

O PROTEVS® é uma solução fotovoltaica amiga do ambiente, não tendo qualquer impacto negativo no ambiente envolvente para além do possível impacto visual, que é claramente menos proeminente do que as centrais fotovoltaicas terrestres tradicionais, uma vez que não há utilização do terreno. Além disso, como a solução PROTEVS® deve ser instalada em lagos de barragens existentes, aumenta a produção de energia sem efeitos ambientais adicionais. Os principais testes realizados: Testado de acorso com a ISO 9227:2017 para 164 horas a determinar os efeitos da corrosão devido à salinidade do ambiente, passando sem incidentes; Testes de ecotoxicidade de acordo com a Norma OCDE 201 (2011), inibição do crescimento de algas de água doce e cianobactérias – Sem impacto ambiental.

### 3.6. SIMULAÇÕES PV\*SOL PREMIUM 2022 (R6)

As simulações da geração de energia para esse projeto de 50,60 kWp foram feitas utilizando o software PV\*SOL premium 2022 (R6), software licenciado mundialmente para cálculos de desempenho de usinas em solo ou água. A seguir, tem-se os resultados em solo (Tabela 1) e flutuante (Tabela 2) com um resumo do sistema e dos parâmetros de simulação considerados.

**Tabela 1:** Módulos fotovoltaicos em solo com inclinação fixa sem rastreamento definida na fase de projeto de 25°

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	50,00 kWp
Rendimento anual específico	1.586,83 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,07 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,7 %/Ano
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	79.349 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	43.638 kg/ano

Fonte: Autores (2022)

**Tabela 2:** Módulos fotovoltaicos em corpo hídrico com inclinação fixa definida na fase de projeto de 25° com tracking (rastreamento horizontal com rotação da plataforma seguindo o sol)

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	50,60 kWp
Rendimento anual específico	1.964,33 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	86,11 %
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	99.402 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	54.667 kg/ano

Fonte: Autores (2022)

Os rendimentos efetivos do sistema de energia solar podem variar em função de oscilações meteorológicas, da eficiência dos módulos e dos inversores, e outros fatores. Energia gerada em solo 79.349 Kwh/ano e com o mesmo sistema já em corpo hídrico com rastreamento 99.402 kwh/ano. Constantando que o conjunto de ambiente em água é mais produtivo em relação a geração de energia e mantendo a durabilidade dos módulos fotovoltaicos por mais tempo.

Levando-se em consideração as Simulações com os parâmetros acima mencionados, a situação com melhor resultado se refera a com Módulos fotovoltaicos com inclinação fixa definida na fase de projeto de 25° com tracking (rastreamento horizontal

com rotação da plataforma seguindo o sol), a qual o modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL) calculou uma produção anual de 99,402 MWh para a planta de 50,60 KWp.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do exposto no presente Estudo, identifica-se que a tecnologia fotovoltaica flutuante instalada em corpos hídricos: rios, canais, lagoas, represas, açudes, barragens, cavas de mineradoras, ETA's, ETE's e particularmente em reservatórios de usinas hidrelétricas devido a toda infraestrutura de conexões, transmissão e distribuição, para uma operação combinada e complementar à hidroeletricidade representa uma potencial alternativa para compensar os pontos de vulnerabilidade da geração hidroelétrica e otimizar a produção de energia de ambos os sistemas (hibridização) e comparado a usinas de solo temos um rendimento ainda maior com os painéis fotovoltaicos em corpos hídricos o que possibilita o uso de áreas mais otimizadas para a geração de energia. Com o desenvolvimento do projeto de P&D+I intitulado "Desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora de materiais avançados em energia e mobilidade aplicados ao contexto amazônico (EMOB-AMAZON)", essa concepção técnica poderá ser melhor avaliada através dos estudos e análises contemplados pela pesquisa, a fim de verificar o seu real desempenho e comprovar os patamares de viabilidade dessa tecnologia para aplicação em escala comercial. A solução permitirá o planejamento do desenvolvimento de futuros projetos de pontos de apoio ao longo das hidrovias da bacia amazônica, permitindo a implantação de USFVF combinadas com bancos de baterias para o armazenamento e fornecimento de energia para as populações ribeirinhas, assim como permitirá a recarga das baterias das embarcações que utilizarão motores elétricos.

Cabe ressaltar a importância de ser uma solução sustentável para o contexto amazônico devido ser energia gerada de fonte renovável (solar fotovoltaica), limpa, sem emissões de GEE, principalmente sem emissões de CO<sub>2</sub>. Geração de Energia Verde que impulsionará a conectividade e o desenvolvimento dos povos da região e ajudará na preservação da biodiversidade da floresta amazônica.

#### REFERÊNCIAS

- [1] Ahlert, V. S. C., 2017. Aplicação de sistemas fotovoltaicos flutuantes em reservatórios de hidrelétricas – Estudo de caso em uma hidrelétrica brasileira, Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- [2] Alencar, C. A., Stedile, R., Junior, J. U., 2018. Estudo da Complementariedade da Geração de Energia entre as Fontes Solar e Hidráulica, VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado.
- [3] Borba, R. A., Novak, L. H., 2018. Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes: Aspectos Positivos e Desafios, VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado.
- [4] Cenário de baixa hidrologia para o setor elétrico brasileiro (2016-2030): impacto do clima nas emissões de gases de efeito estufa (sumário executivo). Brasília: Banco Mundial, 2017.
- [5] EPE. Aspectos Tecnológicos e Ambientais relevantes ao Planejamento, Solar fotovoltaica flutuante, Expansão da Geração (EPE-DEE-NT-016/2020-r0). 19 de Fevereiro de 2020.
- [6] ALENCAR FILHO, A. A. R.; CARVALHO, P. C. M. D.; DUPONT, I. M. Influência da distância de painéis fotovoltaicos em relação à água sobre a eficiência energética. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2018.

- [7] ALTERNATIVE ENERGY. Floating solar panels: a viable solution, 25 setembro 2019. Disponível em: < <http://www.alternative-energy-news.info/floating-solar-panels/>>. Acesso em: 15 jul. 2019.
- [8] AYALA PELAEZ, S. et al. Model and Validation of Single-Axis Tracking With Bifacial PV. IEEE Journal of Physics, v. 9, n. 3, p. 715-721, 2019.
- [9] BORBA, R.; NOVAK, L. H. Sistemas fotovoltaicos flutuantes: aspectos positivos e desafios. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, abril 2018.
- [10] BRIDGE TO INDIA. Floating solar. Opportunities and way ahead. [S.l.]. 2018.
- [11] CAZZANIGA, R. et al. Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, p. 1730-1741, 2018.
- [12] SANTAFÉ, M. R. et al. Theoretical and experimental analysis of a floating photovoltaic cover for water irrigation reservoirs. Energy, v. vol. 67, p. p. 246-255, 2014.
- [13] STRANGUETO KM (2016). Estimativa do Potencial Brasileiro de Produção de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Hidroelétricas. Tese de Doutorado. UNICAMP. Brasil.
- [14] SOLARISFLOAT. SolarisFloat, 2022. Disponível em: < <https://www.solarisfloat.com/>>. Acesso em: 13 setembro 2022.
- [15] SPENCER, R. S. et al. Floating Photovoltaic Systems: Assessing the Technical Potential of Photovoltaic Systems on Man-Made Water Bodies in the Continental United States. Environmental Science & Technology, v. 53, n. 3, p. 1680-1689, 2019.
- [16] COSTA, S. G. Impactes ambientais de sistemas fotovoltaicos flutuantes. Lisboa. 2017.
- [17] DA SILVA, G. D. P. Large-scale solar photovoltaic impact assessment in the context of the Brazilian environmental and energy planning. Rio de Janeiro. 2019.
- [18] ABSOLAR. Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. Infográfico. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. Atualizado em 01/09/2022 | nº 47.
- [19] EPE. Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022. Ano base 2021.
- [20] EPE. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: [s.n.], 2016.
- [21] GALDINO, M. A. E.; OLIVIERI, M. M. D. A. Considerações sobre a implantação de sistemas fotovoltaicos flutuantes no Brasil. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016.
- [22] GUARNIERI, M. V. Usinas solares fotovoltaicas com seguimento em um eixo no Brasil: aspectos da construção, custos e expectativa de desempenho. Dissertação de Mestrado. 2017.
- [23] SUNLUTION, 2022. Disponível em: <<https://www.sunlution.com.br/>>. Acesso em: 14 setembro 2022

# Capítulo 12

## *Melhoria da rede de transmissão de energia elétrica da zona rural do município de Iranduba da Comunidade do Açutuba-AM*

*Eline Franco Sousa*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** Os sistemas de distribuição de energia elétrica são complexos e muitas vezes Extensos, o que o torna suscetível a muitas falhas. Estes sistemas suprem desde Grandes centros urbanos com indústrias, a pequenos consumidores em áreas rurais mais isoladas. Há diversos fatores que podem ocasionar falhas nas redes de Distribuição. Descargas atmosféricas, chuvas, queda de árvores e curtos-circuitos são Algumas das prováveis causas de interrupções nos sistemas. Para sanar essas Perturbações, as companhias de energia elétrica investem e aplicam métodos para diminuir as interrupções, prezando pela economia nos gastos dos seus serviços e pelo Melhor atendimento ao seu consumidor final. Equipamentos mais avançados e cabos mais resistentes podem ser a resposta para problemas de interrupções constantes. Este trabalho tem como objetivo a revisão bibliográfica de possíveis soluções para a Melhoria nos sistemas de distribuição, tendo como premissa uma evolução na Eficiência operacional e um incremento na satisfação da energia elétrica distribuída para seus clientes.

**Palavras-chave:** Equipamentos; redes de distribuição de energia; interrupção de fornecimento de energia.

## 1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um serviço essencial devendo-se ser prestado de forma adequada, eficiente e contínua para todos aqueles que necessitam desse serviço. Com o objetivo de levar melhorias às comunidades da zona rural do município de Iranduba no estado do Amazonas, resolveu-se fazer um levantamento das necessidades básicas dos usuários, levando-se em consideração o desligamento da energia em tempos chuvosos. Araújo (2016) destaca que na Amazônia, é desafiador levar a eletricidade a todas as comunidades muito devido a vasta extensão territorial, a situação de localização das residências serem muito deslocadas, a floresta compacta e muito extensa, as águas e toda a sua sazonalidade, são muitos obstáculos que potencializam desafios na implementação da energia elétrica com mais eficiência.

Diante das cinco subdivisões do Brasil, a região que mais utiliza cabeamento ao leito de rios, é a região norte, onde a concentração de rios é considerável e estes separam muitas cidades e estados. Há locais que ainda não possuem acesso através de pontes (rodovias), então o único meio para a distribuição de energia é por cabos fixos ao fundo dos rios. Em julho de 2019, uma problemática ocorreu na região do Estado amazonense, em que um defeito ocorreu nos cabos que interligam a energia elétrica de Manaus aos municípios de Iranduba e Manacapuru. “Os municípios de Manacapuru e Iranduba tiveram o abastecimento de energia elétrica suspenso no início da tarde desta sexta-feira (19) após o rompimento de um cabo subaquático de 69 kV”. Os municípios que ficaram sem a total resolução da falta de energia elétrica por quase um mês, devido o acidente de julho de 2019, são abastecidos por meio de cabos subaquáticos isolados e instalados no leito do Rio Negro, bem como linha de Distribuição aérea, também em 69.000 Volts. Em nota, a empresa informou aos canais de notícia que ainda procurava meios alternativos para a distribuição de energia a estas regiões e o meio a curto prazo encontrado para reforçar a escassez de energia, foi a instalação de cabos na ponte Rio Negro até setembro de 2019. Seinfra (2019), a Amazonas Energia instalou um circuito trifásico emergencial de linha de distribuição de 69 kV nas laterais da ponte Jornalista Phellipe Daou.

Segundo a Enel (2017) O número de chaves fusíveis em série não deverá ultrapassar quatro, excluindo a chave de proteção do transformador de distribuição/consumidor. Os fatores que determinarão o número exato serão o da seletividade e da corrente de curto-circuito. A corrente nominal do elo fusível deve ser maior que a corrente de carga prevista para o horizonte do estudo (3 a 5 anos). Instalar chaves fusíveis somente em ramais cujo nível de curto-circuito seja maior do que o compatível com o elo mínimo e tenham, no mínimo 4 consumidores ou mais de 300 metros de extensão. Ainda assim, a nova instalação não deverá prejudicar a coordenação e seletividade anteriores. A corrente nominal do elo fusível não deverá ser superior a um quarto da mínima corrente de falta no trecho a ser protegido, se possível considerando o fim do trecho para o qual é retaguarda. O principal objetivo da faixa de passagem de uma linha de transmissão é garantir as Condições necessárias para a construção, operação, inspeção e manutenção dela, assim como também a segurança das pessoas, das equipes de manutenção e de Terceiros. A norma ABNT NBR 5422:1985 fixa as condições básicas para o projeto das linhas Aéreas de transmissão de energia elétrica com tensão máxima, valor eficaz fase-fase Acima de 38 kV e não superior a 800 kV, de modo a garantir os níveis mínimos de Segurança.

As linhas de transmissão, como se disse, são as responsáveis por transportar a energia das usinas para os consumidores. Em linhas gerais, circuitos de transmissão possuem tensões e correntes específicas. O que define a tensão de uma linha de transmissão é a potência que vai ser transmitida e a distância entre o ponto de geração e os centros de consumo.

Tensões de geração não são muito elevadas, sendo algo da ordem de 20 kV, por causa de segurança operativa, entre outros motivos. Da mesma forma, as tensões utilizadas pelos consumidores são baixas (110 V ou 220 V nas residências, ou até 15 kV na indústria). Para transmitir energia elétrica, portanto, são necessários equipamentos que elevem a tensão para o transporte e a reduzam quando no ponto de consumo.

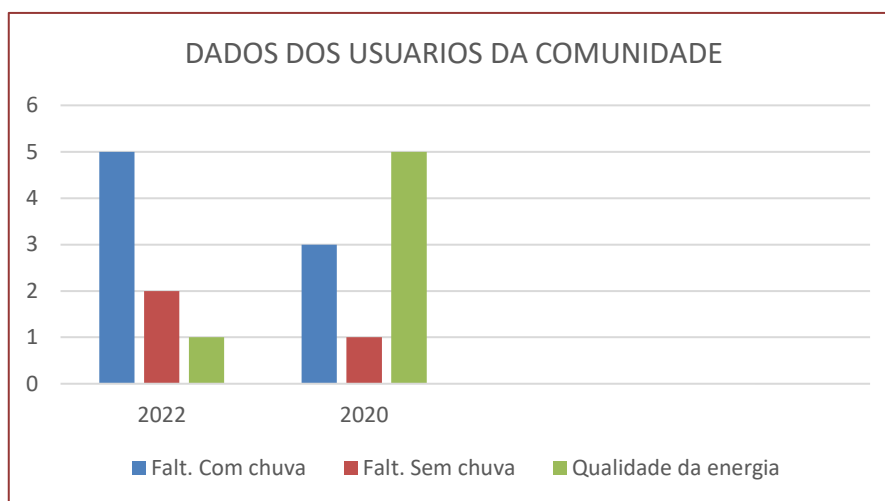
## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Serão feitas três etapas para ocorrer um estudo de caso da rede de transmissão. Primeiro foram levantados dados da rede de transmissão de acordo com a Concessionária de energia elétrica do Município de Iranduba. Segundo usar as normas de transmissão energia elétrica para a adequação dos Elo Fusíveis. Terceiro serão coletados dados dos usuários da rede de transmissão elétrica.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

De acordo com os levantamentos realizados, Das principais causas das falhas não previstas na interrupção da energia elétrica, destacam-se os temporais, como vendavais, descargas atmosféricas e Chuvas, causas estas que não são possíveis prever ou evitar, dificultando a Intervenção pela concessionária. (Agência Brasília) A arborização é outra causa para as interrupções de Energia, porém é um problema que pode ser evitado sistematicamente com a poda Preventiva da vegetação. Além disso, o abaloamento de postes é outro fator rotineiro Responsável pelas interrupções de energia, sendo necessário uma análise mais Criteriosa da ação a tomar referente a esta questão. A quebra de isoladores, o apodrecimento de cruzetas, os ninhos de pássaros nos equipamentos, a deterioração dos postes, dentre outros, são fatores que podem acarretar tanto manutenções corretivas como manutenções preventivas. Fazendo com que ocorra o desligamento das três fases de transmissão de energia da comunidade.

No Gráfico 1 temos um estudo de caso realizado com os usuários da rede de transmissão da comunidade. Os desligamentos tornaram-se mais frequentes em 2022, quando comparados com o ano de 2020.

**Gráfico 1:** Análise de desligamento de energia na comunidade de Açutuba-AM

Fonte: Autores (2022)

À medida que os benefícios da energia Elétrica passam a fazer parte do dia a dia das Pessoas, é natural que se inicie um processo de Discussão quanto à qualidade daquele produto. Numa análise inicial preocupa-se com a Continuidade do serviço, já que fica evidente que qualquer interrupção do fornecimento implicará em transtornos de toda ordem. Não tão evidente, No entanto, é a questão da qualidade da energia Elétrica como um produto comercial, mesmo que Não ocorram interrupções. Isso normalmente só é Percebido de forma um pouco difusa, através de Falhas de funcionamento em alguns Equipamentos. Dessa forma, pode-se concluir que o erro apresentado na identificação da causa de fenômenos naturais e a arborização do ramal onde ocorre a transmissão de energia elétrica e os dispositivos instalados no início da rede e de suma importância para que não ocorra um sobrecarga na rede fazendo com quem seus usuários não tenham prejuízo como queima de eletrodomésticos e entre outros problemas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Amazônia é o centro das atenções quando o Brasil é assunto no mundo, mas ainda se vê em uma situação de distorções e desequilíbrios em relação ao resto do país. Por meio de suas usinas hidrelétricas, a região gera a importante fatia de 26% da energia elétrica consumida em todo o território nacional. A energia elétrica e de suma importância para a população amazonense ainda com toda a tecnologia ocorre que municípios não tem uma energia elétrica de qualidade outro ainda nem chegou a transmissão até a casa da população.

Os materiais e métodos utilizados foram estudos de caso pesquisa de campo com usuários da rede, utilização de normas para se ter uma adequação apropriada e uma melhoria na distribuição de energia e foram obtidos resultado para que ocorra manutenção na rede e melhorias.

A conclusão deste trabalho, portanto, é que a reestruturação dos serviços de energia Elétrica continua a ser um desafio importante para os reguladores, tendo em vista seus Reflexos econômicos e sociais. Uma agenda bem planejada, porém, pode transformar os Atuais problemas em oportunidades no desenvolvimento de uma rede de transmissão



elétrica rural que supra as Necessidades de crescimento de nossa comunidade e que ocorra mais manutenções preventivas.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL – Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br)
- [2] Amazonas energia <https://website.amazonasenergia.com/>
- [3] AGÊNCIA BRASÍLIA: Árvores perto da rede elétrica são principais causa de Desligamentos. Brasília, 12 maio 2016. Disponível em: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2013/10/01/arvores-perto-da-rede-eletrica-sao-Principal-causa-de-desligamentos/>. Acesso em: 10 out. 2022.
- [4] Canal Energia. Rompimento de cabo subaquático desafia Amazonas Energia. Canal Energia, 2019. Disponível em: <https://canalenergia.com.br/noticias/53106502/rompimento-de-cabo-subaquatico-desafia-amazonas-energia>. Acesso em: 03 de junho de 2022.
- [5] Energisa <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>
- [6] Enel <https://www.eneldistribuicao.com.br/go/documentos/ITD16.pdf>
- [7] (Imagem1)  
<https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?hl=ptBR&mid=1fDStNtYjOdcgbHBqpSkVikusN-vp44Y&ll=-3.1168693858084158%2C-60.33003190440423&z=13>
- [8] RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.005, DE 15 DE FEVEREIRO DE 2022
- [9] <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/5329/nbr5422-projeto-de-linhas-aereas-de-transmissao-de-energia-eletrica>
- [10] MegaWhatTRONCHONI, Alex Bernsts. Identificação de causas de desligamentos não programados em redes de distribuição. 2008. 131 f. Dissertação (Mestrado) -Curso de Engenharia, Pontifícia Universidad e Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: [http://tede.pucrs.br/tde\\_arquivos/11/TDE-2008-07-21T125305Z1435/Publico/403015.pdf](http://tede.pucrs.br/tde_arquivos/11/TDE-2008-07-21T125305Z1435/Publico/403015.pdf). Acesso em: 04 out. 2022.

# Capítulo 13

## *Eficiência energética para iluminação de área externa de condomínio residencial*

*Ely Fernandes de Brito*

*Livia da Silvia Oliveira*

**Resumo:** A iluminação externa no condomínio residencial é essencial para a qualidade de vida dos moradores, pois no período noturno possibilita desfrutar plenamente do espaço, tanto para as atividades físicas como para as crianças brincarem com segurança. Dessa forma, este trabalho objetiva realizar o devido estudo comparativo entre lâmpada a vapor metálica e LED, verificando a iluminação mais eficiente para a segurança dos moradores e a melhor viabilidade econômica na substituição das lâmpadas.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; iluminação; lâmpada de LED.

## 1. INTRODUÇÃO

A iluminação da área externa do condomínio é de grande importância para todos os moradores, além de valorizar o ambiente, contribui na segurança. O sistema de iluminação da área externa do condomínio observado para realização deste estudo é formado por lâmpadas a vapor metálica, luminárias, reatores e circuito de comando. Foi observado que as lâmpadas a vapor metálica utilizada no condomínio são constantemente trocadas por queimarem facilmente o que traz um custo mais alto ao síndico e por se tratar de um produto que contém mercúrio são considerados como resíduos perigosos, neste caso cabe ao síndico fazer o descarte correto.

A ideia trazida neste contexto de substituição de lâmpada a vapor metálica por lâmpadas de LED e por entender que a lâmpada LED é um avanço tecnológico e muito interessante do ponto de vista dos benefícios ambientais, estéticos e econômico, pois seu consumo de energia é considerado inferior às lâmpadas a vapor metálica e além de ter mais durabilidade existe mais possibilidade de descarte. Essa durabilidade é um aspecto interessante, pois demanda menos trocas o que gera menos descarte, menos mão de obra e menos custos ao condomínio. Fazendo uma comparação de preço, observamos que o LED tem o preço mais elevado, porém a tendência é que seu custo final ao condomínio diminua.

Vários pesquisadores já afirmaram que a lâmpada LED gasta menos energia elétrica que as lâmpadas vapor metálica, garantindo uma economia significativa na conta de energia. Devido à sua alta vida média de 50.000 horas, o LED ganha com folga se comparado com a lâmpada a vapor metálica. Esta apresentou vida média girando em torno de 18.000 a 32.000 horas. (Manual de Iluminação Pública COPEL, 2012).

Neste contexto, além de todas as vantagens apresentadas o objetivo geral é aumentar a eficiência de luminosidade substituindo as lâmpadas a vapor metálica por lâmpadas LED.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para atender aos objetivos deste estudo, realizou-se uma análise comparativa entre as lâmpadas a vapor metálica e as lâmpadas LED, para então perceber a viabilidade da substituição das lâmpadas a vapor metálica utilizada na área externa do condomínio residencial pelas lâmpadas LED. Este estudo é importante para analisar o consumo e desperdício elevado de energia observado no condomínio.

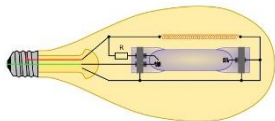

O método utilizado neste estudo é o descritivo comparativo. Para tanto fez-se necessário a leitura de várias referências bibliográficas que abordam esta temática. A análise e a interpretação dos dados foram baseadas a partir dos resultados obtidos na bibliografia utilizada como base para o presente estudo.

O empreendimento definido para a aplicação do estudo foi edificado no município de Manaus, estado do Amazonas. O condomínio é composto por 30 torres, uma área de piscina, um salão de festa, três churrasqueiras, uma brinquedoteca além de playgrounds para as crianças. O estudo tem o enfoque de analisar a eficiência energética para iluminação de área externa deste condomínio residencial. A eficiência energética é um requisito que deve ser associado na arquitetura de um condomínio residencial, porque uma arquitetura mais eficiente é possível ter um menor consumo de energia, sem que os moradores percam o conforto visual.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Faz-se necessário apresentar as características encontradas entre as duas lâmpadas e em seguida descrever a comparação a fim de entender quais destas se mostram mais eficientes e de melhor custo-benefício, atendendo assim o objetivo deste estudo que é aumentar a eficiência de luminosidade substituindo as lâmpadas a vapor metálica por lâmpadas LED no condomínio residencial, é o que faremos na Tabela 1:

**Tabela 1:** Comparativo de características entre lâmpadas de vapor metálica existente na área externa do condomínio e as lâmpadas de LED a serem trocadas

Características	 Lâmpadas a vapor metálica utilizada no condomínio.	 Lâmpadas de LED apropriada para a troca.
Modelo/Marca	HPI-T/ Philips	CLF-MP150C / Conexled linha Indaiá
Potência (W)	250	117
Fluxo luminoso (lm)	80	150
Tempo médio de vida útil (h)	18.000h	Entre 20.000 a 50.000h
Eficiência luminosa (lm/W)	44 a 55	Até 150
IRC (%)	40	80
TC (K)	4000K	4.000K a 5.000K
Custo unitário	R\$281,83	R\$342,00

Fonte: Autores (2022)

Para análise de viabilidade da substituição de lâmpadas a vapor metálica por lâmpadas de LED, observou-se as especificações das características encontradas no próprio produto através do selo do INMETRO, quanto a potência, fluxo luminoso, tempo médio de vida útil, eficiência luminosa, índice de reprodução de cores – IRC, temperatura de cor - TC e custo unitário das lâmpadas, foram considerados as características do produto utilizado na área externa do condomínio. Ao comparar os resultados observa-se que o uso de LED conta com diversas vantagens, o que torna superior à lâmpada a vapor metálica. A lâmpada vapor metálica necessita de reator para auxiliar na sua partida, para atingir seu ponto máximo de luminância precisa de determinado tempo. Com uma possível queda de energia, necessita desse tempo que varia de fabricante até vida útil da lâmpada para voltar ao seu funcionamento normalmente. Embora o LED não precise de tempo algum, pois, é resistente a vibração e usa o chip para ser acionado ao invés de gases; (RAFAEL BRAZ, 2021).

O fluxo luminoso, está relacionado diretamente com a vida útil da lâmpada, onde que com passar do tempo a intensidade de lumens entregue pela lâmpada a vapor cai drasticamente devido aos gases nela instalada, já o LED além de ter uma vida útil maior chega a perder um pouco da sua eficiência a partir dos seus 70% (RAFAEL BRAZ, 2021).

Em relação à economia, a iluminação em LED costuma entregar a mesma quantidade de iluminação ou até mais, consumindo menos energia em watts que a lâmpada a vapor para seu funcionamento. Para fazer uma manutenção em uma iluminação de LED, irá mexer só na lâmpada, enquanto a vapor metálica necessita de um reator, sem contar que a lâmpada a vapor metálica tem a durabilidade inferior às lâmpadas de LED. (RAFAEL BRAZ, 2021).

A partir dessas informações para concretização deste trabalho foi apresentado ao síndico um orçamento com troca das lâmpadas existentes na área externa do condomínio, atualmente a área externa é composta por 15 lâmpadas a vapor metálica, com a troca o condomínio necessitaria apenas de 12 lâmpadas de LED, o custo de troca ficaria em média no valor de R\$ 4.104,00 (baseado no valor unitário da Tabela 1). Observa-se que o custo é maior que a lâmpada vapor metálica, porém a vantagem da troca por lâmpada de LED é que seu tempo de vida útil é muito maior, além de ter uma melhor eficiência luminosa e o condomínio terá redução no valor do custo de energia, devido a sua economia em quilowatt (Tabela 2 e Tabela 3).

**Tabela 2:** Consumo da lâmpada de vapor metálico por período

Consumo (kWh)	Período		
	1 hora	Diário	Mensal
	3,75	45	1350

Fonte: Autores (2022)

**Tabela 3:** Consumo da lâmpada de LED por período

Consumo (kWh)	Período		
	1 hora	Diário	Mensal
	1,17	14,04	421,2

Fonte: Autores (2022)

Para melhor compreensão dos resultados obtidos relacionados à economia de consumo, pode-se observar nas tabelas acima uma simulação a ser apresentado ao síndico através do consumo de cada lâmpada por período. Não foi possível fazer a comparação a partir da conta de energia do condomínio devido não estar separada somente o consumo da área externa, mas sim inclui outros espaços. Assim, é possível perceber que relacionado ao consumo, a lâmpada de vapor metálica consome praticamente o dobro de kWh que a lâmpada de LED escolhida para este trabalho, concluindo-se que nesse ponto de vista o projeto é vantajoso.

Conforme dados da literatura, avalia-se que são muito mais vantajosas as lâmpadas LED, não só pela sua economia em quilowatt, mas também pelo seu custo por troca. Por se tratar de uma lâmpada que apresenta uma durabilidade maior, o seu custo nas trocas acaba sendo menor que a troca de suas concorrentes com menor eficiência (FOLSTER, MADRUGA, FERREIRA, & STEFENON, 2016).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados comparativos demonstram a viabilidade em substituir lâmpadas a vapor metálica por LED'S no condomínio residencial, levando em consideração vários motivos vantajosos como: sustentabilidade, acendimento, aproveitamento luminoso, manutenção e economia.

As lâmpadas de LED vêm sendo cada vez mais utilizadas em iluminação residencial, comercial, industrial e pública. O investimento nesse tipo de iluminação é elevado, mas pode-se observar através deste estudo que é viável a substituição das lâmpadas a vapor metálica pela lâmpada LED, uma vez que apresenta uma significativa eficiência energética, quando comparada a outras tecnologias comercializadas. Não obstante as vantagens econômicas apresentadas por tal substituição, tem-se que a tecnologia LED representa um novo marco em eficiência energética para iluminação. A eficiência energética tem se mostrado como um dos objetivos mais desejados no início do século XXI, onde cada vez é maior o número de estudos apontando para um cenário caótico de escassez de recursos naturais devido à falta de controle do ser humano sobre a sua demanda de recursos naturais.

Se as vantagens econômicas e ecológicas não são já suficientes, temos que a iluminação LED pode fornecer uma maior qualidade na iluminação do condomínio residencial, proporcionando uma iluminação mais adequada e a visibilidade noturna para o conforto dos moradores do condomínio. Fazer o uso de uma iluminação mais eficiente e moderna pode ir ao encontro com as propostas e projetos de condomínios residenciais, transformando espaços que são evitados em períodos de pouca luminosidade em espaços utilizáveis e seguros no período noturno, promovendo assim uma melhoria na qualidade de vida dos moradores que venha a fazer o uso de tais espaços no período noturno.

#### REFERÊNCIAS

- [1] AESELETROPAULO, <http://www.aeseletropaulo.com.br/imprensa/releases/Paginas/AESEletropauloinstalailumina%C3%A7%C3%A3o.aspx>, acessado em 15/10/2022.
- [2] ARAÚJO, Lucínio Preza. Tipos e características de lâmpadas. Jan. 2007. Lisboa. Disponível em: <http://www.prof200.pt/users/lpa/luminotecniapt>. Acesso em: 03/10/2022.
- [3] CARLOS, M. V., Bacellar, F. L. B., Barros, L. A. C. Reforma de iluminação de túnel com o uso de tecnologia LED. Revista Eletricidade Moderna, Aranda Editora, São Paulo, No. 453, PP. 100-110, 2011.
- [4] CASTRO, N. J. de et al. Eficiência energética na iluminação pública e o plano nacional de eficiência energética. Rio de Janeiro: GESEL, 2011. Disponível em: Acesso em: 15 outubro 2022.
- [5] COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Manual de Iluminação Pública. Fev. 2012.
- [6] DE SOUZA, Fernando Godinho; ROCCA, Graciela Alessandra Dela; FERREIRA, Fernanda Cristina Silva. Análise de viabilidade econômica da substituição de lâmpadas comuns por econômicas e tecnologia LED em residências. Análise, v. 38, n. 51, 2017.
- [7] DE CASTRO, Felipe Nóbrega; LUCIANO, Benedito Antonio. Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. Potência (W), v. 70, p. 150, 2012.
- [8] FERREIRA, Rafael Braz. IMPLEMENTAÇÃO DE ILUMINAÇÃO LED EM GINÁSIO POLIESPORTIVO. 2021.
- [9] FOLSTER, L. P., MADRUGA, G. G., FERREIRA, F. C., & STEFENON, S. F. Estudo Sobre a Eficiência no Sistema de Iluminação em Salas de Aula (UNIPLAC). Revista Espacios. Vol. 37, Ano 2016, número 21. Obtido em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n21/16372124.html>.

[10] MAZETTO, Guilherme Pulzatto. Estudo comparativo de Eficiência entre Lâmpadas a Vapor de sódio em Alta Pressão e LED. Campo Mourão, Paraná, 2017.

[11] RAPOSO, Cláudio et. al. Contaminação ambiental provocada pelo descarte de lâmpadas de mercúrio, 2000.

[12] SANTOS, Talía Simões dos et. al. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.20, p. 595-602, 2015.

# Capítulo 14

## *Iluminação de ambientes de trabalho: Um estudo de caso em escritório de projetos de engenharia*

*Fabiano Duarte de Oliveira*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O presente trabalho apresenta o estudo de caso sobre iluminação de um ambiente de escritório de projetos de engenharia, localizado na cidade de Manaus-AM, mostrando como se dá esse efeito de um projeto luminotécnico no ambiente de trabalho. Tem como objetivo projetar a iluminação de um ambiente conforme a norma ABNT 8995 utilizando o software DIALux. Com a grande e constante evolução na área de iluminação, a fim de auxiliar o projeto luminotécnico foi escolhido o software DIALux, sendo seu uso característico para projetos de iluminação. O software fornece consideráveis benefícios ao projetista, pois pode utilizar as luminárias desenvolvidas pelos melhores fabricantes e é possível modelar o ambiente em 2D e 3D, permitindo maior visualização do comportamento da luz no ambiente.

**Palavras-chave:** Inovação; iluminação; DIALux.



## 1. INTRODUÇÃO

O mercado de trabalho vem se tornando cada vez mais exigente e com suas exigências há uma cobrança das empresas em aumento na produtividade, na melhoria no desempenho do colaborador e foco em atingir metas. No entanto muitas empresas ainda adotam o mesmo perfil de trabalho do início da Revolução Industrial datado por volta de 1800 e com isso perdem ao longo dos anos o fator motivação de seus colaboradores, sendo este aspecto primordial para o aumento da produtividade e desempenho profissional.

Permitir que alguém realize suas atividades laborais com o máximo de interesse e satisfação gera resultados positivos e reais na produtividade da empresa, dessa forma movido por sua motivação, sendo ela um fenômeno psicológico que representa a visão que o ser humano percebe e interage com o ambiente que o cerca, as condições ambientais deste local de trabalho, particularmente estão interligadas com o bem-estar do colaborador, sendo ela agente motivacional do mesmo.

As condições ambientais dos diferentes locais de trabalho ainda continuam desprovidas em relação a certos aspectos, sobretudo aqueles que estão ligados com o bem-estar e a preservação das suas condições de saúde, fundamentais na produtividade e desempenho do colaborador (LACAZ, 2020).

Por tanto, pensar sobre o tema deste artigo “Iluminação de ambientes” aplicando a norma ABNT 8995 que ressalta que a uma boa iluminação propicia a visualização do ambiente, permitindo que as pessoas vejam, se movam com segurança e desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura, sem causar fadiga visual e desconforto, vai de encontro com a proposta de ambientes de trabalho que se preocupam o com bem-estar do colaborador.

Chiavenato (2021) apresenta a necessidade de mudanças no ambiente laboral, essas mudanças podem afetar a nível pessoal um colaborador uma vez que gera qualidade de vida dentro do trabalho, aqui sendo enfatizado as mudanças na qualidade da iluminação do ambiente, a qualidade de vida no trabalho vem se tornando indispensável, pois veio com o intuito de diminuir ou transformar um trabalho danoso em satisfatório. Tudo isso buscando a necessidade de melhorar tanto a maneira de produzir quanto as necessidades dos colaboradores.

Pensar em iluminação de um ambiente de acordo com as normas da ABNT 8995 é indispensável para a promoção de um ambiente laboral saudável e promove a responsabilidade social da empresa para com os seus colaboradores. Para maior compreensão desta temática, o artigo tem como objetivo geral projetar a iluminação de um ambiente conforme a norma ABNT 8995 utilizando o software DIALux.

Desta forma buscou-se especificamente, conhecer as características estruturais do ambiente, desenvolver o projeto luminotécnico no software DIALux tendo como parâmetro a norma ABNT 8995 e por fim analisar os resultados através da simulação no DIALux.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O escritório em estudo trabalha com projetos de instalações desde 1984 no Amazonas e fora do Estado, são especialistas em projetos complementares de engenharia, atuando em setores como elétrica, telefonia, hidráulica, esgoto, drenagem, prevenção contra incêndios e outros. Criam projetos desde residências unifamiliares, institucionais e empreendimentos verticais.

A pesquisa se desenvolveu por meio de visita in loco, para coleta documental e identificar a estrutura que a empresa dispõe, bem como, sua estrutura de iluminação e distribuição de mobiliário onde os colaboradores trabalham, para análise posterior se está condizente com a norma ABNT 8995. Todos os dados foram coletados e analisados, para a realização do projeto luminotécnico de acordo com a norma da ABNT 8995 no software DIALux.

De acordo com Luis Lancelle<sup>1</sup> O DIALux é um dos softwares mais importantes atualmente mais utilizados atualmente em projetos luminotécnicos, o mesmo permite a simulação computacional nos projetos de iluminação. Sua primeira versão chegou ao mercado em 1994 e hoje já está disponível em 26 idiomas, é uma ferramenta muito conhecida, usada por arquitetos, designers e projetistas, tendo parcerias com muitas fábricas, incluindo as brasileiras.

Já a norma ABNT 8995 descreve que a iluminação adequada no ambiente de trabalho é um fator relevante para afirmar a produtividade da equipe e preservar a saúde física, psicológica e a segurança de todos, define assim uma padronização de quantidade mínima de iluminação de acordo com o tipo de atividade da empresa, para garantir um ambiente saudável.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os dados levantados na pesquisa bibliográfica foi possível compreender conceitos de forma mais específica a respeito da norma ABNT NBR 8995-1, onde fica evidente a necessidade de uma boa iluminação no ambiente de trabalho, deixando referências de como um trabalho técnico embasado em diretrizes pesquisadas e cientificamente comprovadas a sua aplicabilidade. Nela está descrito parâmetros de como criar as condições visuais confortáveis, tais como:

Os valores recomendados foram considerados, a fim de representar um balanço razoável, respeitando os requisitos de segurança, saúde e um desempenho eficiente do trabalho. Os valores podem ser atingidos com a utilização de soluções energeticamente eficientes. Existem também parâmetros ergonômicos visuais, como a capacidade de percepção e as características e atributos da tarefa, que determinam a qualidade das habilidades visuais do usuário e, conseqüentemente, os níveis de desempenho. Em alguns casos a otimização destes fatores de influência pode melhorar o desempenho sem ser necessário aumentar os níveis de

---

<sup>1</sup> Engenheiro formado pela Universidade de Buenos Aires (UBA) e pela USP, mestre em Engenharia de Sistemas (UBA). Docente, coordenador pedagógico e orientador de cursos de pós-graduação nas áreas de Engenharia e Arquitetura. Coordenador da área de Software de Iluminação da Divisão 3 do CIE-Brasil (Comission Internationale de l'Eclairage) (2006). Consultor, designer de iluminação e especialista em software de iluminação. DIALux Accredited Trainer.

iluminância. Por exemplo, pela melhora do contraste na tarefa, ampliando a visualização de própria tarefa através do uso de equipamentos de auxílio à visão (óculos) e pela provisão de sistemas de iluminação especiais com capacidade de uma iluminação local direcional. (BRASIL, ABNT NBR 8995.1, 2013, p.7)

Outro conceito estudado é o de projetos luminotécnicos, de acordo com o autor Creder (2021) dois objetivos são fundamentais, o primeiro diz respeito à obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está associado às atividades laborativas e produtivas.

Já o segundo objetivo apresentado para o autor é a utilização da luz como principal instrumento de ambientação do espaço, na criação de efeitos especiais com a própria luz ou no destaque de objetos e superfícies ou do próprio espaço. Este objetivo está intimamente associado às atividades não laborativas, não produtivas, de lazer, estar, religiosas, residências, restaurantes, museus e galerias, igrejas etc. É a luz da emoção.

No que se refere aos projetos de iluminação ABNT NBR 8995.1 apresenta critérios a serem seguidos tais como: ambiente luminoso, distribuição da luminância, iluminância, iluminâncias recomendadas na área de tarefa, escala da iluminância, iluminâncias no entorno imediato, uniformidade, ofuscamento, proteção contra o ofuscamento, ofuscamento desconfortável, reflexão veladora e ofuscamento refletido.

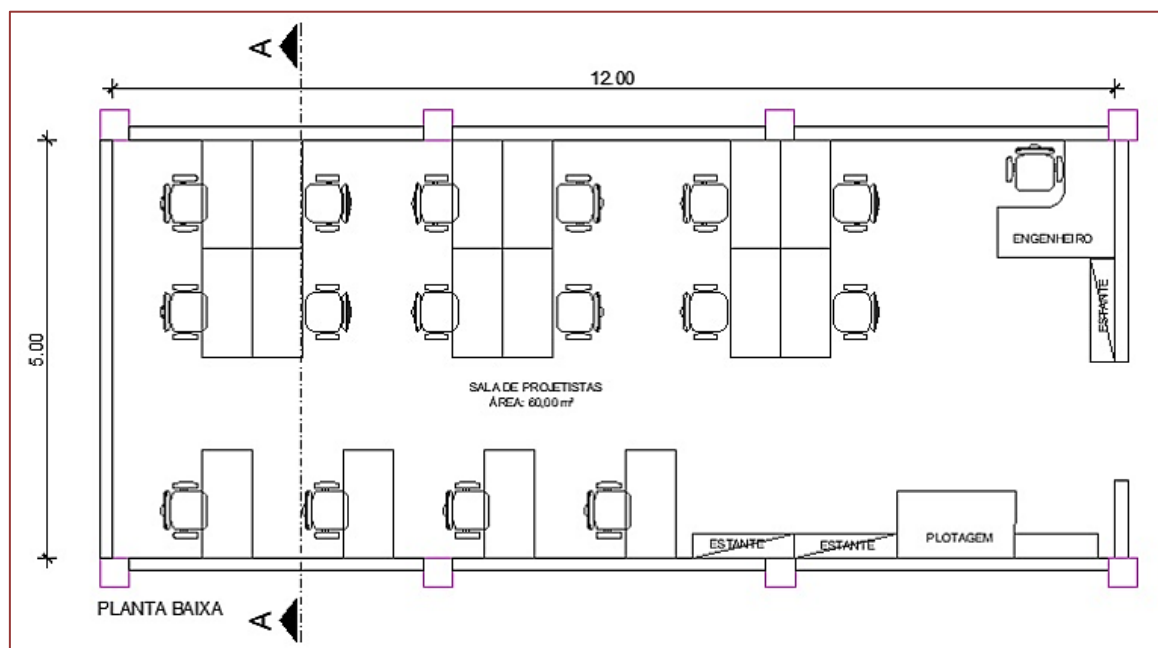
### **3.1. CONHECER AS CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS DO AMBIENTE**

Foi coletado in loco as características estruturais do ambiente em questão, com uso de equipamentos de medição foi possível identificar largura de 5m, comprimento de 12m e um pé direito<sup>2</sup> de 2,70 m. Outra característica fundamental para a elaboração de um projeto luminotécnico é a composição de acabamentos do ambiente, sendo ela composta de forro em gesso na cor branco, parede com pintura na cor cinza claro e piso cerâmico polido na cor branca. Estando disposto no ambiente dezessete estações de trabalho para os projetistas e estantes para armazenamento de documentos, todos em cores claras.

Após o levantamento dos dados estruturais, através do software Auto Cad, foi desenvolvida a planta baixa do ambiente, mostrando todas as características coletadas do ambiente como é apresentado na Figura 1.

---

<sup>2</sup> Pé-direito: altura entre o piso e o forro de um compartimento ou pavimento. (Oxford, 2018).

**Figura 1:** Planta Baixa do Ambiente

Fonte: Autores (2022)

### 3.2. DESENVOLVER O PROJETO LUMINOTÉCNICO NO SOFTWARE DIALUX TENDO COMO PARÂMETRO A NORMA ABNT 8995

Com a compreensão dos conceitos e a descrição do ambiente estudado já realizados, foi possível iniciar a modelagem do ambiente no DIALux utilizando a planta baixa feita no Auto Cad. Conforme descrito no Manual do Software (2012) o programa possui cerca de 520 mil usuários, o qual conta com fornecimentos de plugins<sup>3</sup> de 180 empresas, como OSRAM, PHILIPS, GE Lighting, Sylvania, e a brasileira LUMICENTER. Quando a empresa não tem o plugin, mas disponibiliza os arquivos de fotometria das luminárias, ainda é possível importá-los para o DIALux. O programa aceita os seguintes formatos: IES, Eulumdat, CIBSE TM14 e LTLi [14]. O software DIALux segue as normas internacionais de iluminação EN 12464 e ABNT NBR ISO 8995-1, os resultados de sua simulação estão de acordo com a norma CIE 171:20065.

Foi importado a planta baixa para o Dialux, logo após o ambiente foi modelado em 3D com suas características construtivas. Para a escolha do nível de iluminância, foi definido de acordo com a Norma ABNT 8995 que especifica a iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade de cor para escritórios. Segundo a NBR 8995, a iluminação mínima permitida para um escritório deve ser de 500lux.

<sup>3</sup> Plugin: todo programa, ferramenta ou extensão que se encaixa a outro programa principal para adicionar mais funções e recursos a ele”.

**Figura 2:** Planejamento dos ambientes (áreas) tarefas e atividades com a especificação da iluminância, e limitação de ofuscamento e qualidade da cor


ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013				
Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observações
Poços de vapor	150	28	40	
Sistema de serras	300	25	60	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Trabalho de marceneiro em bancos de carpintaria, colagem, montagem	300	25	80	
Polimento, pintura, marcenaria de acabamento	750	22	80	
Trabalho em máquinas de marcenaria, por exemplo: torneiar, acanelar, desempenar, rebaixar, chanfrar, cortar, serrar afundar	500	19	80	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Seleção de madeira folheada, marchetaria, trabalhos de embutir	750	22	90	Tcp no mínimo 4 000 K.
Controle de qualidade	1 000	19	90	Tcp no mínimo 4 000 K.
<b>22. Escritórios</b>				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.


Fonte: NBR 8995/2013


Outro fator importante a ser analisado é o tipo de luminária a ser adotada, que para este caso, foi utilizado o Painel de Led integrado de embutir da empresa Lumicenter, o mesmo é indicado para ambientes que exija um controle de ofuscamento, como escritórios e salas de aula. A luminária possui uma potência de 40 W, temperatura de cor 6500 K e fluxo luminoso de 4000 lm (Figura 3).


**Figura 3:** Especificações da Luminária adotada


**LHT44-E4000865**




 **Garantia:**  
5 anos.

  
Gerar Emprego - Gerar Segurança - Gerar a Economia.

 **Placa de LED integrada.**

 **Vida útil:**  
50.000 horas.

 **Baixo UGR**

Fluxo	4000lm
Potência	40W
Eficiência	100lm/W
Temperatura de Cor	6500K
IRC	>80
Consistência de Cor	3SDCM
Facho	110°
Grau IP	IP40
UGR Longitudinal	<17
UGR Transversal	<17
Tensão de Entrada	100 a 250V
Frequência	50/60Hz
Fator Potência 127V	0.99
Fator Potência 220V	0.99
THD 127V	10%
THD 220V	10%
Classe de Isolamento	Classe I
Vida Útil	50.000h
Temperatura de Operação	0 A 50°C
Peso Líquido	2.5Kg

Fonte: Catálogo Lumicenter

Após a escolha da luminária, DIALux recebe um arquivo com extensão. IES do fabricante, onde consta todas as informações necessárias para o software fazer a leitura dos dados e iniciar o processamento. Como o ambiente em questão é um escritório projetos de engenharia, onde o maior foco de iluminação será sobre as mesas de trabalho, foi considerado um plano de uso a uma distância de 0,75 m de altura do piso, com um índice médio de 500 lux. Com base nessas informações o DIALux calculou 15 luminárias, como mostra na Figura 4.

**Figura 4:** Distribuição das Luminárias no DIALux



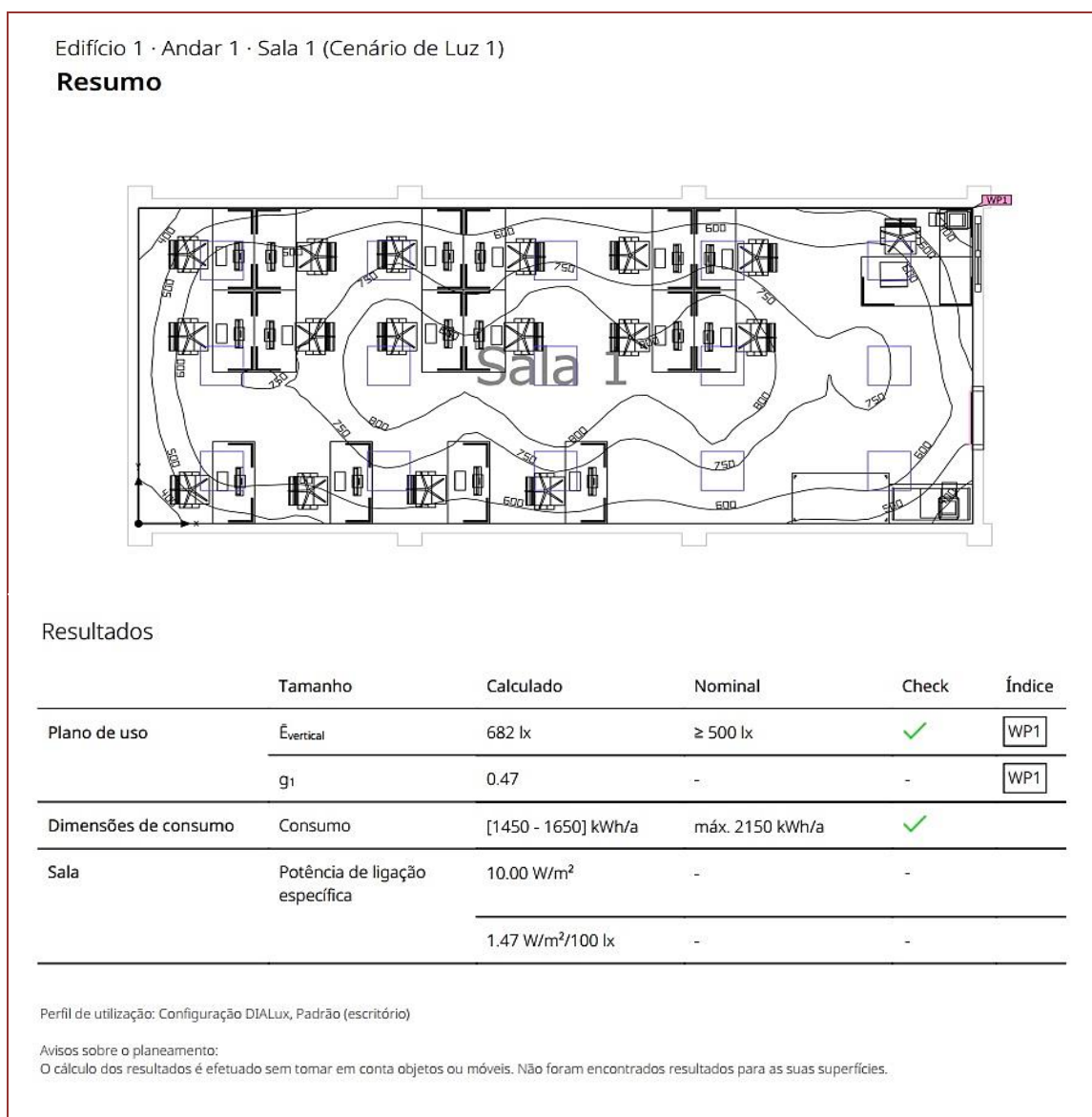
Fonte: Autores (2022)

### 3.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS SIMULADOS

Após realizar a simulação no DIALux, observou-se que a luminária escolhida e a quantidade atendem aos requisitos necessários para uma boa iluminação do ambiente. Além de demonstrar visualmente as métricas do efeito luminoso na simulação, o software conta com um documento resumo que demonstra os índices alcançados pelo projeto luminotécnico. Como foi dito, o índice médio adotado para o ambiente em questão foi de 500 lux por se tratar de um escritório, e no resumo pode observar-se que, com o auxílio do DIALux neste projeto luminotécnico, foram alcançados os índices mínimos de 318 lux, máximo de 889 lux e médio de 682 lux, sendo assim, alcançando os índices desejados.

Os resultados obtidos, mostram como foi de grande importância realizar um projeto luminotécnico com a utilização do DIALux, visto que através do mesmo, foi possível ver aspectos de visualização do efeito da iluminação no ambiente e resumos de cálculos, possibilitando examinar os impactos nas tomadas de decisão do projetista, sobre a escolha do tipo, quantidade e posição das luminárias.

Figura 5: Resumo de Cálculo DIALux



Fonte: Autores (2022)

De acordo com Moura (2017) as tecnologias vêm auxiliando a integração de sistemas computacionais levando a integração de diversas disciplinas ao desenvolvimento de projetos mais completos e integrados, oferecendo um dinamismo e eficiência nas execuções desses projetos.

O DIALux é um exemplo da importância de software que permitem essa simulação pressupondo a utilização de critérios padronizados para averiguar julgamentos e gerenciar tomadas de decisões no desenvolvimento de um projeto. O DIALux é um dos programas mais populares para simular a iluminação. Essa grande aceitação ocorre principalmente por ser gratuito, por estar disponível em aproximadamente 25 idiomas e por contar com as parcerias que possibilitam a utilização do software com diferentes catálogos de luminárias dos principais fabricantes (DIAL GMBH, 2019a, 2019c).

Desta forma, pensar em ambientes arquitetônicos precisa de um conjunto de indicadores que melhor apresentem o desempenho dos sistemas instalados, ao comparar

seu próprio desempenho com o desempenho do referencial estabelecido e dos projetos luminotécnicos os gestores de um escritório podem identificar, de forma simplificada, possibilidades de incremento em seu desempenho.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do estudo, foi possível comparar as qualidades e efeitos que um projeto luminotécnico tem em um ambiente de trabalho, com o uso do software DIALux é percebido de forma prévia como será o efeito e a qualidade desta iluminação no ambiente. O programa DIALux revelou-se de grande importância, pois o mesmo utiliza de grandezas, fundamentos e parâmetros de iluminação de ambientes abordados nas normas, para a construção um projeto luminotécnico.

Além do exposto acima sobre o software, foi percebido o quanto uma boa iluminação em ambientes internos promove um ambiente saudável para os colaboradores, pois podem por meio desta boa iluminação ter as condições favoráveis para os desenvolvimentos de suas atividades laborais.

Ao que se refere aos aspectos dos materiais e métodos aplicados se apresentaram eficientes, pois permitiram de forma sistemática uma compreensão científica e por meio de processos práticos tiveram êxito em apresentar resultados positivos quanto às análises realizadas, levando a um vasto conhecimento da realidade a respeito dos processos produtivos dos projetos luminotécnicos e da utilização de softwares específicos.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISSO 8995. Iluminação de ambientes de Trabalho. Parte 1 Interior. 2013.
- [2] CHIAVENATO, Idalberto. Comportamento Organizacional - A Dinâmica do Sucesso das Organizações. 4 ed. Editora: Atlas, Rio de Janeiro, 2021.
- [3] CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 17 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.
- [4] DIAL GMBH. LUMsearch DIAL. The DIALux product finder. 2019c. Disponível em: <https://www.dial.de/en/lumsearch/>. Acesso em: 10 Janeiro 2019.
- [5] FILHO, João Mamede. Instalações Elétricas Industriais. 9. ed. LTC, 2017.
- [6] LACAZ FA de C, GOULART PM, SOUZA EÂ de, TRAPÉ CA, MOITA D, MOTA-Sousa G, et al. O campo
- [7] Saúde do Trabalhador nos 25 anos da Revista Ciência & Saúde Coletiva. Saúde Coletiva. 4 de dezembro de 2020;25:4843–52. DOI: 10.1590/1413-812320202512.21292020
- [8] MARCONI, Marina. LAKATOS, Eva. Metodologia do Trabalho Científico. 9 ed. Editora Atlas: São Paulo, 2021.
- [9] MOURA, Mariangela. Iluminação: Análise de cenários utilizando a tecnologia led. 2017. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/conteudo/iluminacao-analise-de-cenarios-utilizando-tecnologia-led>. Acesso em: 20 outubro 2022.
- [10] PASCHOAL, Tatiane; TORRES, Cláudio V.; PORTO, Juliana Barreiros. Felicidade no Trabalho: Relações com Suporte Organizacional e Suporte Social. Revista de Administração Contemporânea, v. 14, n. 6, art. 4, pp. 1054-1072, nov./dez. Curitiba, 2010.
- [11] PEREIRA, A.S (et.al). Metodologia da Pesquisa, UFSM. 2018.
- [12] SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do Trabalho Científico. 24 ed. Editora Cortez: São Paulo, 2018.



# Capítulo 15

## *Sistema sensorial para monitoração de nobreaks de equipamentos eletrônicos de linhas de produção*

*Fábio Menezes de Oliveira*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** O Nobreak é corriqueiramente utilizado quando é necessária alta confiabilidade na fonte de alimentação. Esses sistemas usam bancos de baterias como fonte principal de energia, que são recarregáveis ou, na maioria das vezes, em modo de espera. Por causa disso, as baterias são uma parte importante de um sistema de energia ininterrupta e, se uma falhar, elas são necessárias. O sistema desenvolvido visou o monitoramento de nobreak com a finalidade de intervir no funcionamento do mesmo caso seja detectado algum mal funcionamento pela rede sensorial enviando os parâmetros de funcionamento para o Nagios gerando dessa forma um dashboard com informações em tempo real de seu funcionamento para uma equipe técnica visualizar e gerenciar qualquer atividade inadequada.

**Palavras-chave:** Monitoramento; UPS; microcontrolador; manutenção preventiva.

## 1. INTRODUÇÃO

A falta de suprimento energético impacta na perda de produtividade em indústrias, contudo estes prejuízos não são recuperáveis muitas vezes, uma vez que estas empresas operam para atender demandas altíssimas dependendo da gama de mercado que atendem.

É extremamente factível que a importância na aplicação dos nobreaks, pois sob condição de fragilidade nas matrizes energéticas, por muitas vezes os grandes parques industriais sofrem sob apagões intermitentes, comportamentos de perturbação das redes elétricas seja da concessionária ou de sua propriedade.

Contudo os Nobreaks também denominados UPS (Uninterruptable Power Supply) podem ser a única fonte de energia de backup que dura o suficiente para permitir a estabilização de geradores de energia elétrica para que ocorra o fornecimento de energia, suprimindo adequadamente os servidores de dados ou para desligar os sistemas adequadamente (THOMAZINI, 2018).

Os equipamentos UPS podem ser comparados a carros e requerem manutenção preventiva regular para mantê-los funcionando bem. O propósito é verificar a carga e a bateria, bem como o correto funcionamento de componentes fundamentais ao controle e proteção do sistema, como ventiladores, chave estática e by pass automático, itens que serão integrados a um processo automatizado já que estes são equipamentos setoriais e seu conjunto de variáveis são difíceis para monitorar, portanto estando vulnerável a falhas humanas. O uso de sistemas automatizados reduz as interações diretas do ser humano na maioria dos processos que podem levar a uma melhor qualidade de atividades e facilitar melhores rotinas diárias na vida (BHARTI et al., 2021).

Dentro de um ambiente comercial, industrial, hospitalar e áreas afins, todos estes seguimentos tem como principal requisito ao seu manutenção a energia elétrica, diretamente ligada a efetividade de seus lucros financeiro e funcionamento de equipamentos essenciais a vida de pessoas ao ser humano como no caso de centros hospitalares.

O sistema de monitoramento e gerenciamento de equipamentos que fornecem energia elétrica em caso de interrupção súbita da rede elétrica principal, é de grande ganho para avaliação de riscos e gerenciamento de recursos, muitas vezes permitindo ações remotas, sem que se faça necessário o deslocamento de técnicos e engenheiros, melhorando o tempo de resposta para tais medidas preventivas e corretivas, beneficiando o cronograma produtivo.

Dessa forma o sistema desenvolvido nesse projeto cria uma rede sensorial usando como pano de fundo o microcontrolador Raspberry pi, criando um sistema de monitoramento e diagnóstico de Nobreaks. Com isso, evitando a parada eminente do fornecimento de energia elétrica por motivos de falhas de baterias.

Após a solidificação dos métodos usados para este trabalho, é esperado atingir o campo de sensores em nuvem, técnica disponível para tecnologias de *IOT*, internet das coisas, que pode ser aplicado para resolver o problema crescente de gerenciamento de energia. Uma solução é um sistema de monitoramento de energia barato e fácil de implementar e gerenciar para nosso uso diário de energia elétrica (HLAING,2017).

## 2. MATERIAL E METÓDOS

Os Procedimentos Metodológicos adotados nesse artigo, foram bibliográficos, pois necessitou um estudo profundo sobre algumas tecnologias de monitoramento e sistemas Open Source (Programa de plataforma livre isenta de remuneração para o projeto). Também foi utilizado metodologia experimental nos testes realizados para saber se o funcionamento estava dentro dos padrões exigidos. Após isso partiu para criação do sistema de monitoramento de UPS, usando um módulo Ethernet gerenciado por rede e um microcontrolador Raspberry pi. Segundo (NORRIS,2017) o conceito de RasPi começou por volta de 2006 com o Dr. Eben Upton e seus colegas da Universidade de Cambridge Laboratório de Informática em Cambridge, Inglaterra.

Este adaptador é um dispositivo que permite o acesso aos dados do UPS em computadores conectados à mesma rede. Não houve necessidade de instalar drivers, pois o sistema é plug and play.

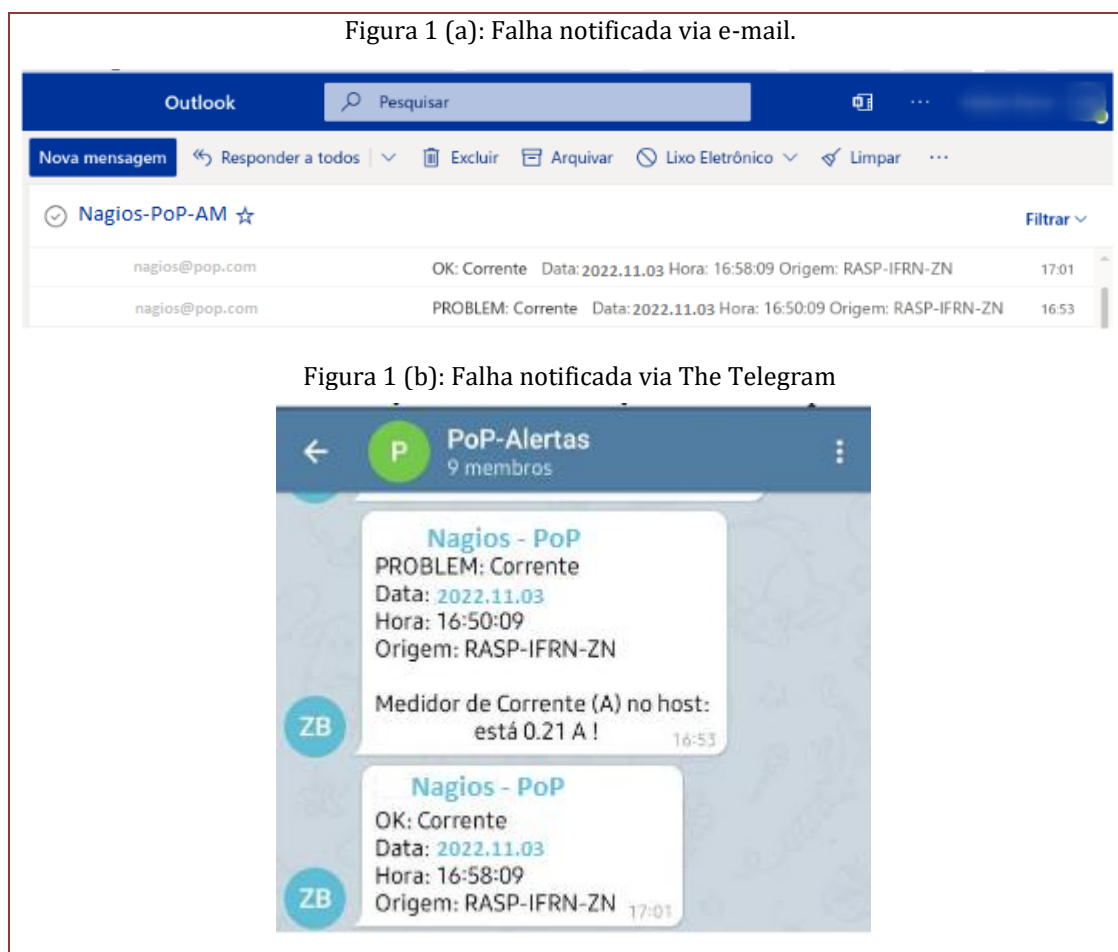
O módulo Ethernet selecionado permite a visualização em tempo real por meio de uma interface gráfica de usuário interna em um painel ou por meio de uma tela de celular ou tablet via Internet. Logo em seguida o sistema web foi conectado com o Nagios que é um aplicativo de monitoramento de rede de código aberto popular distribuído sob a licença GPL. Ele pode monitorar dispositivos e serviços e alertar quando ocorrerem problemas, bem como corrigir problemas.

Os procedimentos desenvolvidos a utilização do sistema proposto e a seguinte:

- **Diretório:** Informações para obter resultados posteriores, gerar gráficos e encontrar a localização real das funções monitoradas. Para catalogar os dados, decidi integrar o nagios, um famoso sistema de monitoramento gratuito usado por grandes empresas.
- **Facilidade de uso:** Este foi um tópico que foi abordado principalmente neste projeto devido à capacidade de iniciar, monitorar e ler o status do UPS onde quer que esteja.
- **Monitoramento:** Como o Raspberry pi possui 6 portas analógicas, optou-se por monitorar a tensão CA das fases, pois o QTH é bifásico, a tensão de saída CA do UPS conectado ao servidor, a tensão CC do dispositivo. servidor Bateria UPS, monitore a temperatura ambiente e a temperatura do rack do servidor para que você tenha a localização em tempo real de todos esses dispositivos.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o projeto, foram simuladas quedas de energia, e as Figuras 1(a) e 1(b) mostram mensagens de erro e mensagens de recuperação enviadas por e-mail e pelo aplicativo The Telegram. O monitoramento deste evento é mostrado na Figura 2, e a partir das medições é possível verificar o período de ocorrência da falha, registrar se há subtensão, sobretensão ou outra atividade não usual.

**Figura 1:** Notificação de falhas (a) por e-mail; (b) por Telegram

Fonte: Autores (2022)

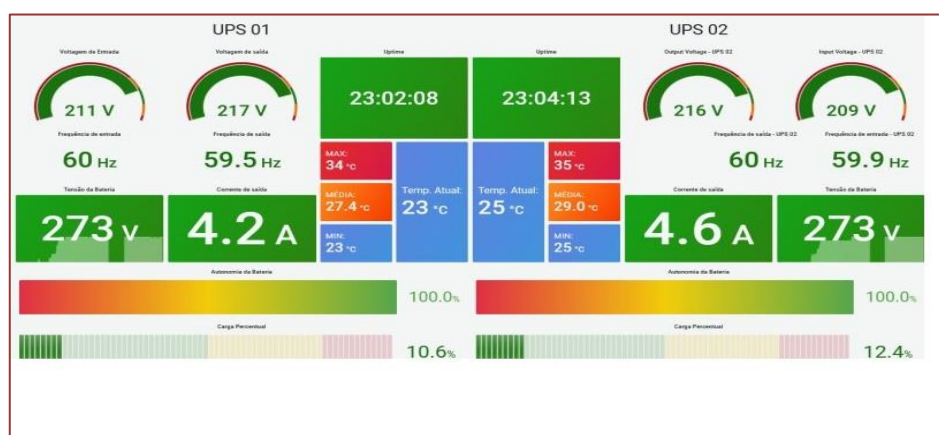
No ambiente de conexão e transmissão de parâmetros pela rede, como já mencionado neste artigo, a disponibilidade é uma condição muito importante para a qualidade do serviço, neste sentido, através do monitoramento de falhas nos UPS, é possível quantificar eventos, identificar e controlar. para este trabalho para que possa demonstrar a eficácia do seu trabalho e possibilitar medidas proativas para diminuir o seu dano.

Segundo Yuan (2018), A necessidade do monitoramento de UPS, tem tal importância como o próprio equipamento a ele ligado, pois se UPS apresenta mal funcionamento o sistema irá interferir no ativo a ele conectado podendo ocasionar dano na falta de energia ao sistema, porém a pesquisa científica elaborada por Yuan (2018) apresenta limitações quanto a forma de medições de grandezas elétricas, sendo feita ainda por meio de equipamentos manuais, como: Multímetros, voltímetros e alicates amperímetros, sem conectar as suas respostas a uma base de dados para consulta dos resultados por qualquer pessoa que queira fazer o monitoramento das UPS.

### 3.1. MONITORAMENTO LOCAL PELO DASHBOARD

Os resultados obtidos com a solução corresponderam exatamente às medições manuais. A Figura 2 mostra a tela de monitoramento configurada no Nagios. Os gráficos são apresentados em formas de espiral e retângulos, onde indicam corrente e potência aparente, acompanhados de tabelas das últimas dez medições correspondentes a cinco minutos de monitoramento. Cada espiral reflete os valores máximos, mínimos e médios medidos durante o período indicado.

**Figura 2:** Monitoramento local pelo dashboard da empresa



Fonte: Autores (2022)

No painel da Figura 2, o usuário pode escolher o período durante o qual deseja ver os dados monitorados, essa escolha é feita com a marca no canto superior direito e permite ver intervalos desde os últimos minutos até os últimos meses. Os gráficos de série temporal permitem selecionar intervalos para visualizar e ler um valor específico em um momento específico. Segundo Chase (2017) dashboard é um recurso que visa reunir as informações mais importantes do painel para facilitar o processo analítico e a tomada de decisão, no entanto mesmo sendo o DASHBOARD de muita importância, dificilmente encontra-se a utilização dessa ferramenta como apoio para tomadas de decisões quando se trata de monitoramentos de UPS e de outros módulos que envolvam quantificar grandezas elétricas, sendo motivador para esse artigo demonstrar que é possível e também poder se tornar corriqueira a sua utilização.

### 3.2. ESTADO DE CARGA

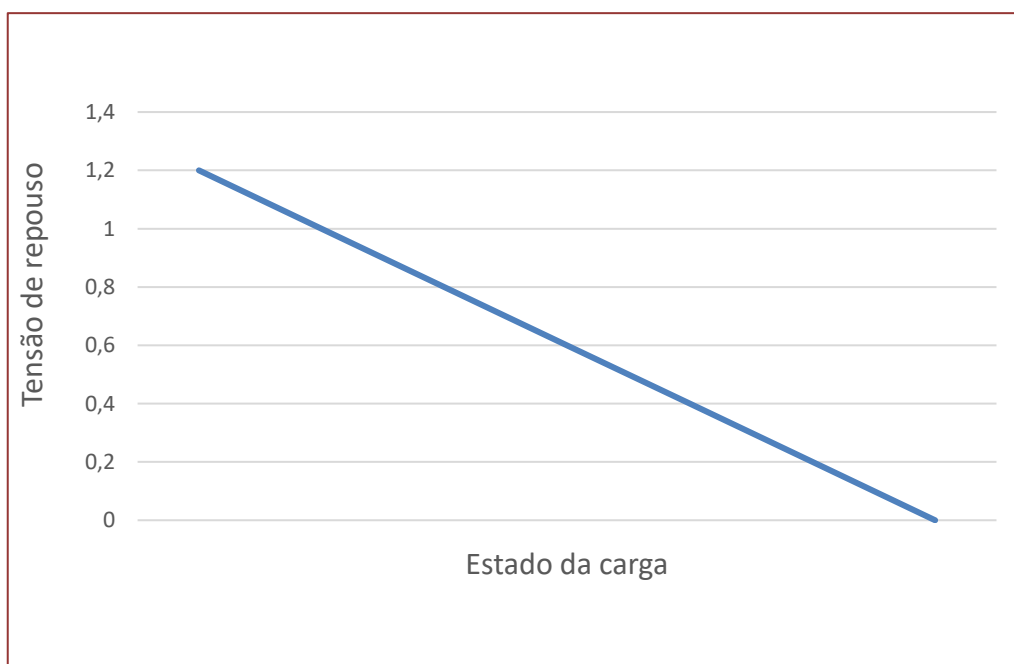
O estado de carga é a quantidade de carga restante na bateria como uma porcentagem da carga nominal. Determinar o SOC de uma bateria pode ser um problema mais ou menos complexo dependendo do tipo de bateria e da aplicação em que é utilizada.

A Eq. (1) mostra o conceito de estado de carga:

$$\text{Estado de Carga} = \frac{\text{Quantidade de carga Atual}}{\text{Quantidade de carga total}} \quad (1)$$

No caso de uma bateria UPS, existe uma relação familiar entre a tensão de estado estacionário e o estado de carga correspondente, conforme mostrado no Gráfico 1. A voltagem de estado estacionário significa que a voltagem da bateria do UPS é medida após um descanso suficiente hora de remover o efeito carga ou descarga pela qual a bateria foi afetada.

**Gráfico 1:** Tensão de repouso do estado de carga



Fonte: Autores (2022)

A tensão de espera da bateria do UPS tem outra correlação que também depende da temperatura. Portanto, quando uma bateria é exposta a baixas temperaturas, sua tensão de repouso cai. Da mesma forma, a tensão da bateria aumenta em altas temperaturas.

Segundo o site Filipeflop (2019), a temperatura no qual componentes eletrônicos são submetidos influenciam diretamente no seu trabalho diário por isso deve-se considerar esse fator em um pré-projeto de implantação de qualquer equipamento.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo apresentou o desenvolvimento de uma solução de monitoramento de UPS de baixa e média tensão baseada em dispositivos em rede de conexão de baixo custo. Além da característica de uma solução de baixo custo, o dispositivo foi integrado às ferramentas NAGIOS, amplamente utilizadas no ambiente de monitoramento, que permite coletar informações sobre a energia elétrica do dispositivo analisado. Os dados coletados correspondem exatamente aos valores medidos manualmente com um voltímetro e um amperímetro. Os dados de monitoramento podem ser acessados de forma remota, além disso podem ser usados para detectar distúrbios, prever quedas de energia e calcular o

consumo de energia de um objeto específico. A solução apresentada permite monitorizar sinistros em UPS, eventos distintos e comportamentos dos circuitos.

Como implementações futuras, a solução idealiza apresentar um dispositivo que possa não somente fazer a leitura comportamental dos UPS, como também efetuar outros sensoriamentos que possa colocar o sistema em risco, como medição de novos parâmetros elétricos, incluindo fator de potência, frequência da rede e sensores de temperatura e umidade, detector de fumaça e outros parâmetros ambientais.

## REFERÊNCIAS

- [1] BHARTI, P., Singh, A., & Singh, P. (2021). Smart-UPS with a Priority-Based Load Management System Smart-UPS with a Priority-based Load Management System. Disponível em <<https://doi.org/10.1088/1742-6596/2007/1/012006>>.
- [2] CETINKUNT, Sabri. Mecatrônica. Rio de Janeiro. LTC, 2018.
- [3] CHASE, O. Sistemas embarcados. Mídia Eletrônica. Disponível em:< [www.sbajovem.org/chase](http://www.sbajovem.org/chase)>, capturado em, 2017. v. 10, n. 11, p. 13, 2017.
- [4] FILIPEFLOP. Componentes Eletrônicos. 2019. Acessado em 21/10/2022. Disponível em: <<http://www.filipeflop.com/>>.
- [5] HLAING, Win et al. Implementation of WiFi-based single phase smart meter for Internet of Things (IoT). In: 2017 International Electrical Engineering Congress (iEECON). IEEE, 2017. p. 1-4.
- [6] NORRIS, Donald. Raspberry Pi® Projects for the Evil Genius. McGraw-Hill Education, 2014.
- [7] Pandiaraj R, Dr Rani Hemamalini R, "SMART INTERNET CONNECTED MOBILE PHONE REMOTE FOR MONITORING AND CONTROLLING OF HOUSE AND HOUSEHOLD APPLIANCES" Int. J.Adv.Sig.Img.Sci, Vol. 3, No.2, 2017 .
- [8] SABER ELETRÔNICA. Nobreaks Tradicionais e Híbridos. São Paulo: Editora Saber, n. 405, out. 2016.
- [9] THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. Sensores Industriais –Fundamentos e Aplicações. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2018. 222 p.
- [10] ULLAH, Noor et al. Priority Based Load Management System Using Bluetooth Device. International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), v. 7, n. 3, 2018.
- [11] YUAN, M. Conhecendo o MQTT. 2018. Acessado em 19/11/2022. Disponível em:<<https://www.ibm.com>>.

# Capítulo 16

## *Redução de defeitos em um processo de PTH em montagem de placa de circuito impresso*

*Geibson de Souza Bezerra*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** A manutenção industrial não é mais uma atividade meramente operacional, ela é estratégica para manter as organizações competitivas. O profissional garante a qualidade de serviço e/ou produto e reduzir os custos de produção. Abrangendo assim, áreas como pesquisa operacional, engenharia de manutenção, organizações e métodos, reengenharia de processo, engenharia de sistemas e entre outras. A análise no sistema de gestão de qualidade do pino através do furo PTH (Pin Through Holes) em uma empresa no PIM (Polo Industrial de Manaus), com o objetivo de reduzir custos com defeitos no processo fabril e operacional, melhorar os índices de produção e evitar que os problemas voltem a acontecer. Foram realizadas observações no processo do setor de inserção automática afim de obter os apontamentos necessários para implementações das ações e consequentemente melhorias de processo.

**Palavras-chave:** PTH; qualidade; melhoria.



## 1. INTRODUÇÃO

A montagem de componentes PTH, derivada do inglês Pin Through Hole (pino através do furo), é uma tecnologia de montagem de placas eletrônicas, que consiste em inserir os terminais dos componentes eletrônicos diretamente nos furos da placa de circuito impresso. Os terminais dos componentes são inseridos em furos metalizados na placa de circuito impresso. Em seguida, e dobrado as extremidades dos terminais do lado oposto da placa para aumentar a resistência mecânica das peças e por fim e soldados os terminais. Atualmente, a instalação do PTH é considerada um pouco desatualizada, mas ainda é muito utilizada, principalmente em aplicações onde o orçamento é um fator chave.

Segundo SIMÕES *et al.* (2015) os componentes mais tradicionais são os PTH, também conhecidos popularmente como convencionais por terem sido durante muitas décadas a única opção.

O projeto originou-se a partir do diagnóstico organizacional realizado em uma empresa do polo industrial de Manaus, foram extraídas informações relevantes que servirão de embasamento para a elaboração e desenvolvimento deste estudo.

Foi identificada uma vulnerabilidade no processo de inserção automática do PTH, criando a necessidade de traçar estratégias de melhoria, na organização do fluxo e sequência do produto.

Segundo Anny Beatriz, Gabriel Henrique, Paulo Vitor (2021) o planejamento da qualidade inclui um conjunto de ações que atendam padrão de qualidade de produtos e serviços controlados com a ausência de defeitos beneficiando o cliente ou consumidor final. Este processo, atualmente tem como responsáveis o operador e líder de produção.

O monitoramento da qualidade e tiragem é feito por lotes de placas acabadas. A organização, consiste em análise de fluxo no momento da execução da inserção dos componentes.

Segundo SANTOS (2016) os indicadores de desempenho são critérios de medidas capazes de controlar ações gerenciais do processo produtivo, podendo quantificar os resultados e controlar o cumprimento das metas estabelecidas, enquanto a gestão da qualidade é um fator determinante nos resultados gerados, onde é possível medir o grau de aceitação dos clientes sejam eles internos ou externos.

Desta forma o objetivo principal é melhorar os índices de qualidade do processo PTH, a partir da validação do processo de implementação para melhorar o produto da empresa, evidenciando o impacto da má produção no cliente final e implementando melhorias e métodos eficazes para mitigar o impacto do reprocessamento dentro da empresa.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi desenvolvido em 3 etapas:

Etapa 1: Observação dos métodos de trabalho e verificações de planilhas de defeitos afim de obter informações necessárias para o início das ações para o impacto positivo no processo. Onde serão apresentadas as condições do setor de INSERÇÃO AUTOMÁTICA em uma indústria do PIM (Polo Industrial de Manaus) no período de 6 meses de janeiro de 2021 a junho de 2021, que é considerada a situação inicial do projeto

na qual foi identificado que ações para melhoria de processo e qualidade deveriam ser implementadas.

Etapa 2: Após as observações do processo, foi definido as ações para melhoria de produção, de índices de qualidade e detecção de falhas no processo com o intuito de evitar placas fora do padrão.

Etapa 3: Realizou-se a observação dos índices de qualidade para obter os resultados que confirmam que todas as ações praticadas foram satisfatórias para o processo produtivo.

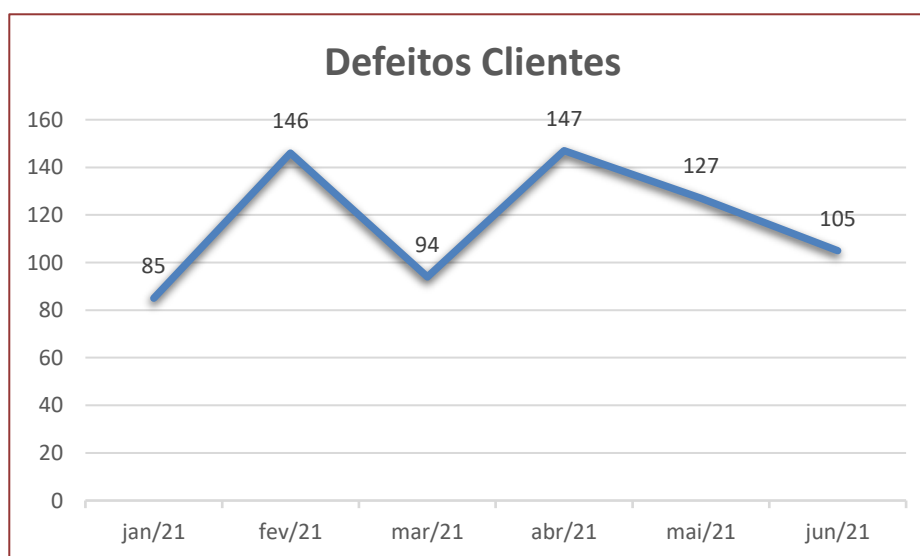
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista que a problemática da pesquisa deve seguir em conjunto com as soluções cabíveis para a sua resolução, podem-se definir através dela os caminhos que contribuirão para que isso ocorra.

Visando a melhoria da produção na empresa, pode-se verificar uma vulnerabilidade no seu processo produtivo, gerando com isso questões sobre a importância de se ter uma gestão de qualidade que garanta uma maior confiabilidade dos produtos e que não ocorram desperdícios de material na sua produção. Surgiu-se uma pergunta para que se possa iniciar o caminho correto até que se chegue à solução do problema: como reduzir a vulnerabilidade do processo produtivo com planejamento e organização da produção, para que não haja desperdício de material e custo.

Começa com uma investigação de defeito através de gráficos mostrando a quantidade de defeitos gerados no setor de inserção automática como também em nossos clientes internos (cliente interno: Dentro da própria fábrica, porém em outro setor de montagem). Na Figura 1 é mostrado um gráfico do número de defeitos detectados em nosso cliente interno.

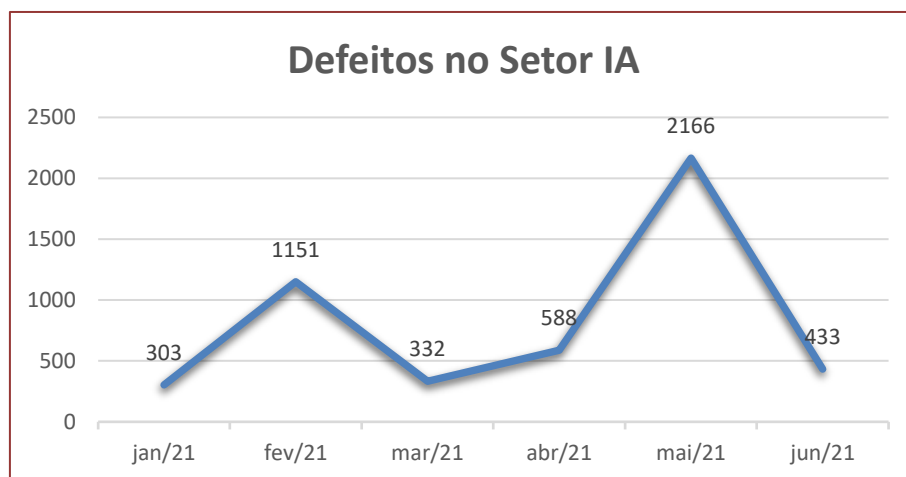
**Figura 1:** Gráfico Defeito Cliente



Fonte: Autores (2022)

Na Figura 2 é mostrado um gráfico do número de defeitos detectados no setor de inserção automática.

**Figura 2:** Gráfico Defeitos no Setor IA



Fonte: Autores (2022)

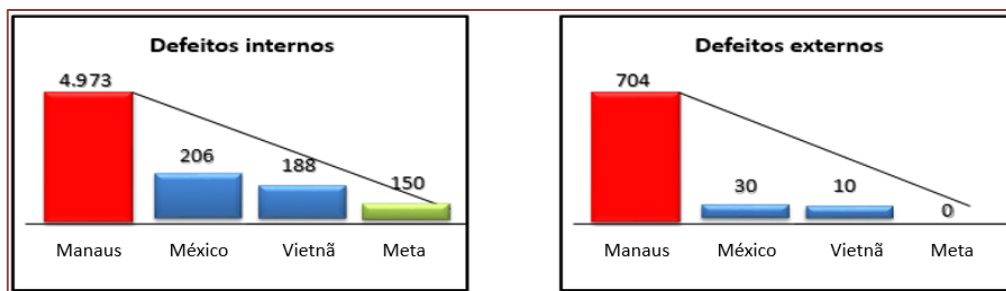
No período de 6 meses de janeiro a junho de 2021, foram detectados 704 defeitos no cliente interno com os três maiores, fevereiro com 146, abril com 147 e maio com 127 defeitos e 4973 dentro do setor de INSERÇÃO AUTOMÁTICA com os três maiores, fevereiro com 1151, abril com 588 e maio com 2166 defeitos, esse número consiste em variados tipos de defeito, gerados de mês após mês, gerando grande insatisfação, resultando na substituição e descarte no produto final, causando problemas no plano de produção e gerando gastos. A resolução do problema de alto índice de defeitos no PTH tornou-se vital para a empresa visando assegurar a redução de paradas de linha, custos com retrabalho, hora extra e sucata, além da fadiga e estresse que era causado no departamento.

Para estabelecer uma meta, foi realizado o benchmarking através de outras plantas das empresas.

Segundo De Carvalho *et al.* (2019), a palavra benchmarking tem origem britânica e significa ponto de referência utilizado no terreno. Onde outros podem utilizar como referência para se realizar uma comparação a respeito. Mais tarde, começou a se utilizar o termo para definir a comparação de desempenho entre organizações e negócios.

Segundo Albertin *et al.* (2016), Benchmarking é uma ferramenta de gestão que consiste na mensuração da performance de uma organização, permitindo que ela compare sua eficiência com a de outras organizações, frequentemente com a empresa líder do segmento ou outro concorrente muito relevante.

Na Figura 3 mostra um comparativo dos dados da situação atual da Empresa de Manaus, com outros países como México com 206 defeitos internos e 30 defeitos externos e Vietnã 188 defeitos internos e 10 defeitos externos e a meta estabelecida para ser alcançada 150 defeitos internos e 0 defeitos externos.

**Figura 3:** Situação Empresa Manaus e Meta

Fonte: Autores (2022)

Foi utilizado também com um melhor auxílio, a folha de verificação para a realização do diagrama de Pareto e identificar as maiores causas dos problemas e realizar a ação para saná-los, como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1:** Folha de Verificação

	POSSIVEIS CAUSAS	QTD	%
1	Terminal longo	68	28,94%
2	Erro de Inserção de ilhós	51	21,70%
3	Falta de procedimento p/ execução de manutenção preventiva	43	18,30%
4	Falta de parâmetros de montagem	29	12,34%
5	Manuseio inadequado da placa	13	5,53%
6	Falta de manutenção preventiva	11	4,68%
7	Peças desajustada	7	2,98%
8	Procedimento inadequado	6	2,55%
9	Falta de Treinamento	4	1,70%
10	Falta de ferramentas	3	1,28%
	TOTAL	235	100,00%

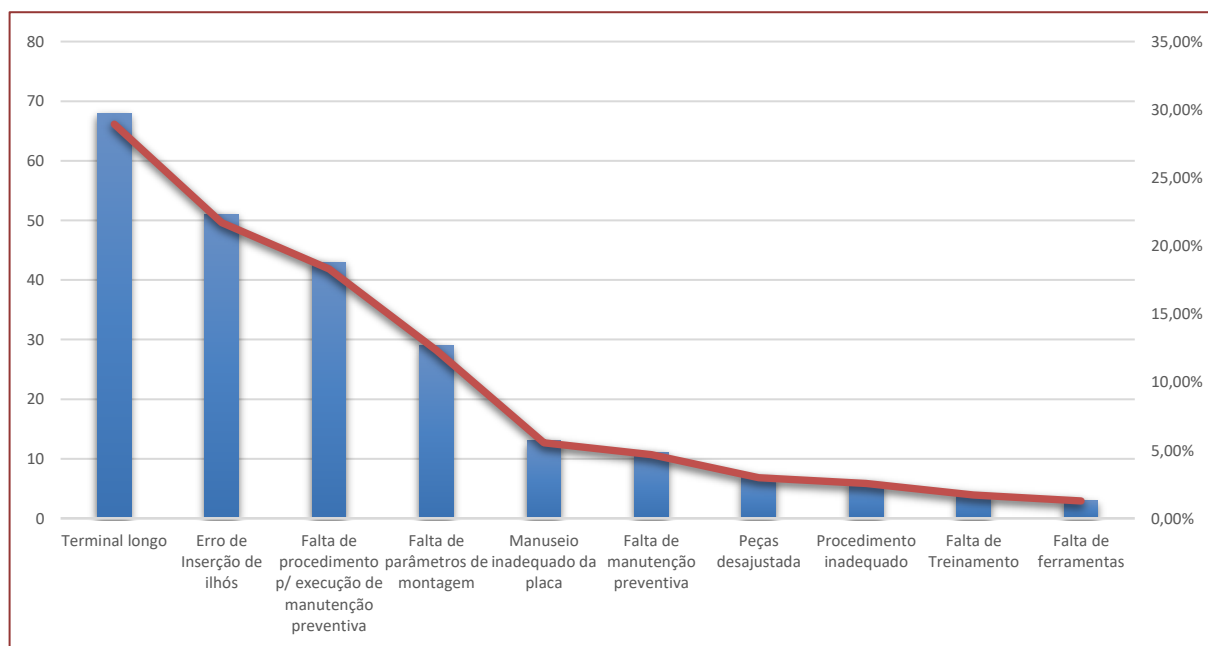
Fonte: Autores (2022)

O diagrama de Pareto apresenta um gráfico de barras que permite determinar, por exemplo, quais problemas devem ser resolvidos primeiro. Por meio das frequências das ocorrências, da maior para a menor, é possível visualizar que, na maioria das vezes, há muitos problemas menores diante de outros mais graves, que representam maior índice de preocupação e maiores perdas para a organização (SILVA *et al.* 2019).

É utilizado para visualizar e classificar os processos das empresas por ordem e importância, identificando os erros, e acaba diminuindo seus custos, riscos e problemas no produto ou serviço. A finalidade da ferramenta é fazer a coleta desses dados para criar um gráfico de barras de forma decrescente e por frequência, identificar os problemas que precisam ser resolvidos com urgência nas organizações (SANTOS *et al.* 2020).

O diagrama de Pareto ilustrado abaixo, conforme a Figura 4, mostra um gráfico que permite visualizar os defeitos de maior frequência, como o de terminal longo com 68 defeitos, o erro de inserção de ilhós com 51 defeitos, a falta de procedimento de manutenção preventiva causou 43 defeitos.

**Figura 4:** Diagrama de Pareto



Fonte: Autores (2022)

Foi observado que após várias etapas de inserção na máquina o componente inseriu com variações em seus terminais e ela não detectou o problema, o que se ocasionava futuramente defeitos no cliente externo.

Foi identificado também, na fase de inserção de ilhós, a não presença da peça e o rompimento da trilha e a não funcionalidade da placa. Outros defeitos também foram identificados na mesma máquina, como a forma que a placa saia da máquina ocasionava defeitos de quebra e consequentemente o aumento do custo com lixo eletrônico do setor. Outro problema na máquina de inserção de ilhós era a peça mal pré-formada onde era inserido torta obstruindo a passagem do terminal de componentes.

O excesso de terminal longo nas placas representou 28,94% de nossos defeitos. Os capacitores, principalmente os eletrolíticos, ocasionavam o comprimento maior que o exigido pela máquina, e não era identificado em nosso processo, o defeito era encontrado pelo cliente externo, quando o terminal longo do componente encostava na carcaça do produto acontecia o curto-circuito que danificava a placa.

O sensor de fibra ótica foi inserido no transporte da placa na máquina, assim que a placa com problema passa pelo sensor um sinal sonoro e acionado, onde o operador deve para o equipamento e acionar imediatamente o técnico para verificar o problema.

O defeito de erro de inserção de ilhós, representou 21,70% de nossos problemas de qualidade. Devido ao erro de inserção de ilhós, ocasionavam excesso de defeitos de má pré-forma e revisões de lotes.

Para solucionar o defeito, foi unificado as máquinas de ilhós e axial, as placas eram acumuladas em uma máquina de acúmulo de placa, (placa em cima de placa) na saída da máquina após a montagem dos ilhós, onde passaram a ser armazenadas no magazine deixando de ter atrito de placa a placa.

Como detectado na folha de verificação, o terceiro maior índice de problemas na linha foi devido à falta de procedimento para execução da manutenção preventiva no PTH, que representa 18,30% dos defeitos de qualidade. Devido à falta de procedimentos, as máquinas de inserção automática operavam fora do padrão especificado pelo fabricante, além de ocasionar desgastes em peças devido à falta de lubrificação.

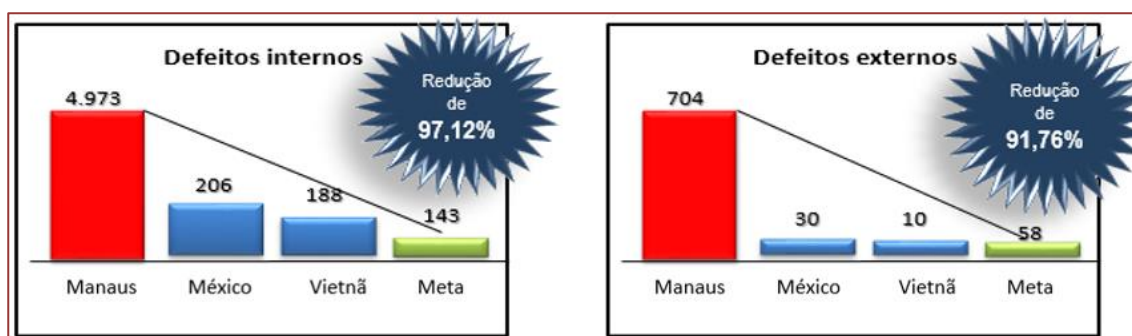
Para eliminar o problema, foram elaborados checklist de manutenções preventivas diários, mensais e anuais, além de manutenções preditivas realizando a troca da peça antes que ela danifique e ocasione paradas de linha ou defeitos de qualidade. Também identificado com o gráfico de Pareto, a falta de parâmetros de montagem foi responsável por 12,34% dos problemas de qualidade.

A ausência de parâmetros de montagem permite que qualquer valor para inserção de componentes nas máquinas, comprometendo a qualidade de inserção e ocasionando variações de inserção.

Para eliminar o problema, foram adicionados nos mapas de alimentação os dados de montagem dos componentes, permitindo assim que operadores, técnicos de qualidade, de manutenção e programação possam ter acesso rápido e fácil para checagem dos dados dos componentes na máquina.

Após as ações, foi observado os dados de qualidade de julho a dezembro de 2021 e verificado se as metas estipuladas no começo do trabalho foram alcançadas, como mostra a Figura 5.

**Figura 5:** Resultados obtidos



Fonte: Autores (2022)

Para os defeitos internos, foi estipulado a redução de 96% dos defeitos, e foi atingido o índice de 97,12% de melhoria na qualidade, atingindo assim a redução de 4.973 par 143 defeitos, diminuindo retrabalhos no setor, fadiga operacional e aumento de produtividade.

Para os defeitos externos, foi estipulado a redução de 100% dos defeitos, e foi atingido o índice de 91,76% de melhoria na qualidade. A meta estipulada não foi atingida, porém, a redução foi significativa de 704 para 58 e ainda há projetos com o intuito de atingir 0 defeitos no cliente externo.

Mesmo com essa redução a confiança com nossos clientes externo foi recuperada e nossa imagem melhorada, o que nos dá mais confiança para continuar com a melhora continua.

Miriam Sampaio (2018) Fala a respeito a não conformidades existentes no produto que geram problemas de qualidade. Estes podem ser originados por falhas humanas, falta de cuidado no transporte e movimentação de material, ausência de normalização dos processos e instruções de trabalho e ausência de normas na inspeção. Com o aumento de defeitos, também aumenta a necessidade de retrabalho e da criação de stock para compensar as peças com defeito. Assim, a produtividade diminui fazendo aumentar o curso dos produtos e dos serviços.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foi realizado o levantamento dos problemas detectados no processo de inserção automática, a partir da realização de observações e medição de dados. As causas foram analisadas e algumas ferramentas de qualidade foram usadas para encontrar a causa raiz e a ação corretiva mais adequada.

A Análise de Pareto foi de grande importância porque dividiu o problema maior em problemas menores e priorizou a solução desses problemas. O benchmarking fez com que estipulasse uma meta comparando a produção com outras plantas da empresa.

Este trabalho alcançou o objetivo esperado, que consistia redução de custo, redução da fadiga operacional e melhora nos índices de qualidade. Os resultados obtidos foram satisfatórios, uma vez que nossa meta interna foi atingida e foi reduzido consideravelmente nossa meta externa.

Algumas dificuldades foram encontradas no decorrer do desenvolvimento do projeto, tanto como em disponibilidade de tempo nas linhas para execução de treinamentos e ajustes necessários de máquinas, ao receio dos operadores para novos procedimentos e demonstrar ao gerente do setor que as ações iriam surtir efeitos desejados no processo. Em seguida, foram realizados acompanhamentos no processo e pesquisas dos princípios da qualidade para apresentar ao setor a finalidade do projeto.

Para trabalhos futuros, pode ser implementado sistemas de visões no PTH, a fim de acompanhar o processo ao vivo e trabalhar no problema assim que ele ocorre.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ALBERTIN, Marcos Ronaldo; KOHL, Holger; ELIAS, Sérgio José Barbosa. Manual do benchmarking. 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19482/1/2016\\_liv\\_mrAlbertin.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19482/1/2016_liv_mrAlbertin.pdf). Acesso em: 20 nov. 2022.
- [2] ANNY Beatriz.; Gabriel Henrique.; Paulo Vitor. Engenharia da qualidade. Ufersa- Engenharia de produção – Campus Angicos. 26 de junho de 2021. Disponível em: <https://engproducaoangicos.ufersa.edu.br/engenhariadaqualidade/> . Acesso em: 15 nov. 2022.
- [3] DANTAS, L. F. et al. As ferramentas da qualidade integradas ao método de solução de problemas para a melhoria dos processos de uma linha de produção de uma fábrica de produtos elétricos. In:

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 34, 2014, Curitiba. Anais... Curitiba: ABEPRO, 2014. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/8587> . Acesso em: 20 nov. 2022.

[4] DE CARVALHO, Matheus Luiz Ferreira et al. Aplicação da ferramenta servqual para a análise da qualidade em serviços e benchmarking: estudo de caso em empresas varejistas. GEPROS: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n. 1, p. 22, 2019. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/0358e1570b6eed6aae730e099557209d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034372>. Acesso em: 20 nov. 2022.

[5] GOETTEMS, Wagner Davi. Proposta de melhorias no sistema de gestão da qualidade: um estudo de caso em uma empresa de montagem de placas eletrônicas. 2018. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2018. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15253>. Acesso em: 20 nov. 2022.

[6] OLIVEIRA, Miriam Sampaio de. Reestruturação de duas linhas de montagem final usando princípios Lean numa empresa de componentes eletrônicos. 2018. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/57167>. Acesso em: 23 nov. 2022.

[7] SANTOS, Alexandre Paixão, et al. Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas. (2020). Disponível em: <https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2020/12/Artigo-Utilizacao-da-ferramenta-Diagrama-de-Pareto-para-auxiliar-na-identificacao-dos-principais-problemas-nas-empresas-Pronto.pdf> Acesso em: 23 nov. 2022.

[8] SANTOS, J. S.; SANTOS, M. de O. Avaliação do uso de indicadores de desempenho para gestão da qualidade total em uma empresa de embalagens no Estado de Sergipe. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 8., 2016, São Cristóvão. Anais eletrônicos... São Cristóvão: DEPRO/UFS, 2016. p. 24-35. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/7607> . Acesso em: 20 nov. 2022.

[9] SILVA, S. B. et al. Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 11., 2019, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2019. p. 234-243. Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/12564> . Acesso em: 20 nov. 2022.

[10] SIMÕES, Wagner Lourenzi; DALLA VECCHIA, Rodrigo; DASILVA, Macáliston Gonçalves. Proposição de um modelo de otimização para programação da produção em Sistema Flexível de Manufatura (FMS) com tempos de setup dependentes da sequência: a combinação de esforços em sequenciamento e tempos de preparação na indústria eletrônica. Produto & Produção, v. 16, n. 1, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1983-8026.50034>. Acesso em: 15 nov. 2022.



# Capítulo 17

## *Proposta de desenvolvimento de sistema de energia fotovoltaico como alternativa sustentável para aplicação em uma empresa de pequeno porte em Manaus-AM*

*Gerinaldo Lima Neto*

*Alexander da Silva Batista*

*Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** Este documento de estudo e reflexão técnica tem como objetivo, propor o estudo para implantação de projeto com o uso de energia sustentável com a utilização de painéis fotovoltaicos, em uma, empresa de pequeno porte, com o intuito de propiciar um sistema alternativo para o fornecimento de energia com o objetivo de gerar uma redução de consumo e custos provenientes da linha de produção e o centro de operação instalado no local. Cujá viabilidade estará centrada na fácil operacionalidade do projeto e resultados comprovadamente exitosos relacionados ao consumo a ser mensurado, assim demonstrando um ROI (Retorno Sobre o Investimento) e PAYBACK, que de fato torne-se viável, mensurável e alcançável em um período de fato realista e aplicável.

**Palavras-chave:** Sistema fotovoltaicos; sustentabilidade; energia alternativa; projeto elétrico; PAYBACK; ROI.

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o Brasil se destaca por ter sua matriz de geração de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade. Além da hídrica, outras fontes renováveis se sobressaem no País, como a biomassa, a eólica e a solar segundo (BEZERRA, 2021). No caso da fonte solar, o aumento de sua competitividade nos últimos anos possibilitou a sua inserção na matriz elétrica brasileira, sendo atualmente uma das alternativas mais viáveis para se gerar energia elétrica no País segundo (BEZERRA, 2021).

Durante os últimos anos é possível notar uma crescente na demanda elétrica, visto que com o crescimento das cidades e desenvolvimento de novas atividades econômicas segundo (SAMPAIO, 2020), por conta deste crescimento estipula-se que até 2030 o consumo de energia elétrica venha a alcançar o patamar entre 859 e 1245 TWh/ano o que acaba por exigir o aumento expressivo na matriz de energia elétrica ofertada segundo (PONATH, 2022) por conta disto possível ver um aumento na demanda energética, onde Brasil vem apresentando valores de irradiação global em qualquer região do território, chegando a resultados de (1.500-2.500kWh/m<sup>2</sup>) segundo (MELO; LEMME; TOLMASQUIM, 2019) e com crescimento do número de prédios comerciais, empresas e indústrias, gerando novas unidades consumidoras para a as concessionárias presentes nos diferentes estados, sendo assim, é possível ver a necessidade de novas fontes de geração. Pode-se ver que o mundo vive uma grande transformação energética, sendo que as energias renováveis e as eficiências energéticas tema a possibilidade de realizar um aumento de 2,5% ou até 5% do PIB mundial e obtendo como resultado uma das maiores reduções de emissão. (IRENA, 2019), dentre as novas formas de geração, a abordada é a energia fotovoltaica que vem em uma crescente nos últimos anos, devido ao incentivo por parte das políticas públicas, um exemplo temos a resolução normativa n° 482, de 17/07/2012. A qual tem como objetivo estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012). Como pode ser visto no anuário publicado pelo EPE no ano de 2021, á um notório aumento no consumo geral de energia no Brasil, vindo em uma crescente, contatada desde o ano de 2016.

Desta forma, para atender à crescente demanda global de energia e combater as mudanças climáticas, a tendência mundial é investir em fontes renováveis visando a eficiência energética. A principal fonte de energia elétrica gerada no mundo é a decorrente da queima de combustíveis fósseis que libera o CO<sub>2</sub>, gás poluente e grande responsável pelo efeito estufa (MOSQUEIRA, 2020), contudo a energia solar fotovoltaica tem condições de competir com as outras fontes por ser uma energia limpa (sem poluentes) e inesgotável. Graças ao seu caráter ecologicamente correto, sua evolução tem se dado de maneira rápida nos últimos 20 anos, tornando viável até em locais onde já se tem energia elétrica convencional (OLIVEIRA, 2007). Existem atualmente 4.277 usinas fotovoltaicas em operação no Sistema Interligado Nacional segundo a (ANEEL, 2021), tendo em vista estes dois panoramas, pode-se verificar, a aplicação constata desta tecnologia no mundo, visto que sua aplicação traz benefícios para várias esferas da sociedade, portanto, com os incentivos e a maior facilidade para sua implementação, temos crescimentos tecnológicos nesta área, pois o investimento para desenvolvimento de melhorias vem crescendo atrelado ao aumento de sua procura. Pode-se verificar esse aumento nos últimos anos, onde é possível ver que, a maior parte das fontes apresentou queda no período, com exceção dos derivados de petróleo (+9,1%), biomassa (+6,7%), eólica (+1,9%) e solar

(+61,1%), o que ocasionou aumento de participação de todas essas fontes na matriz de geração elétrica nacional (EPE, 2021).

Portanto, se tem por objetivo realizar o dimensionamento da carga sob demanda de consumo de uma indústria de pequeno porte, embasado na norma NBR 5410 e discutir para posterior reflexão de implantação dos resultados que a aplicação desta proposta no âmbito das indústrias de pequeno porte. Podendo a solução para questões de redução de custos energéticos, impactos ambientais, mesmo que em pequena escala, e a análise de ROI (Return Of Investment) sob a implantação do sistema fotovoltaico.

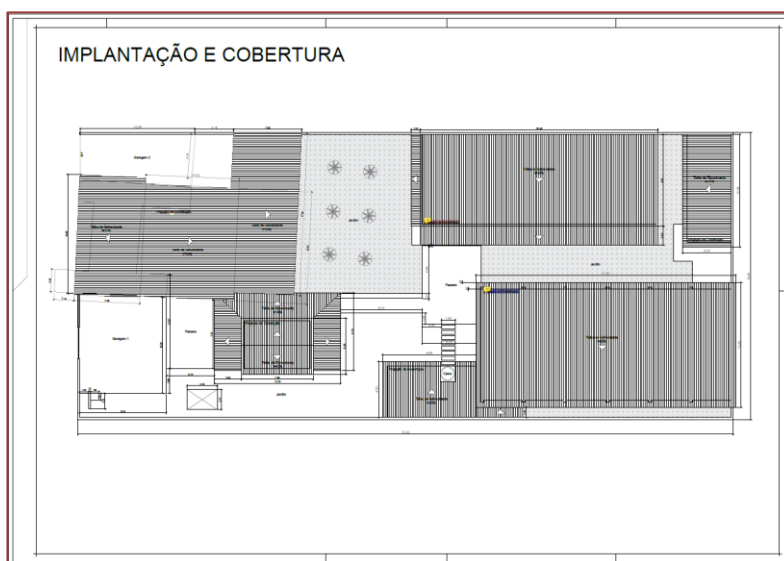
A utilização deste modelo de sistema de fornecimento, traz benefício as instituições a ele atribuídos, tomando como exemplo uma indústria de pequeno porte, onde o custo energético é usado no processo de operação diário, sendo assim, a utilização de fontes renováveis para geração de energia e diminuição do custo, mostrando-se uma solução viável.

O projeto a ser simulado, será desenvolvido, tomando como base, os dados de um período 12 meses, levando-se em consideração o levantamento dos dados necessário para a seu dimensionamento do sistema que irá suprir a demanda gerada pelo consumo constatado no levantamento. Após a simulação baseado no custo do projeto e sua geração, terá o ROI, que nada mais é o tempo no qual o sistema irá se pagar e a partir dali, irá gerar ativos, com este sistema espera-se obter um ROI em 5 anos, com sua vida útil de no mínimo 25 anos com seu rendimento dentro de 80%, com a aplicação do sistema espera-se obter uma queda no custo de operação diária da instituição, utilizando a energia gerada para o suprimento da demanda.

Espera-se que com os resultados obtidos por meio da simulação do projeto, possam demonstrar uma aplicabilidade desta solução para os mais variados cenários, uma vez que obtendo resultados positivos, demonstra-se a possibilidade de aplicação em grande escala, demonstrando uma redução da necessidade de utilização de energia proveniente de outras fontes não renováveis, trazendo uma nova perspectiva para esta solução, demonstrando o baixo custo de aplicação, um retorno do investimento de forma rápida e uma vida útil de certa forma extensa, pois com os avanços tecnológicos e com os incentivos para custear essa implementação, começa a se torna uma escolha viável para atender a empresa de pequeno porte com um perfil de consumo elevado.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Para dar início ao estudo de viabilidade, é realizado uma coleta quanto aos dados da estrutura, para que possa realizar o desenvolvimento de um projeto, específico para atender as necessidades da operacionalização do local. É realizado um estudo através da planta baixa, com o objetivo de propiciar uma análise quanto ao local e suas especificações como visto na Figura1.

**Figura 1:** Área de Corbetura para implantação de sistema

Fonte: Autores (2022)

Para realizar o levantamento do consumo médio do local, foi efetuado por meio do acesso a informações cedidas pela empresa, onde pode-se constatar, consumo mensal dos últimos 12 meses, possibilitando obter uma base média de consumo, tanto mensal quanto diária, propiciando o dimensionamento do sistema que fornecerá a carga necessária para atender suas especificações. A partir destes dados, realizou-se o dimensionamento do quantitativo de placas necessárias para atender a esta demanda. Visando a otimização do sistema, realiza-se o dimensionamento utilizando uma placa da marca JINKO solar, do modelo JKM565N-72HL4-V TIGER NEO 565W 144 CEL. N TYPE MONO 21,87% Eficiência. Este modelo opera em uma potência máxima nominal de 565W em condições de teste STC com irradiação de  $1000 \text{ W/m}^2$  a uma temperatura de  $25^\circ\text{C}$  apresentando uma eficiência de 21.27%. Em uma temperatura operacional NMOT, quando submetido a irradiação  $800 \text{ W/m}^2$  em temperatura ambiente de  $20^\circ\text{C}$ . Operam em uma potência nominal de 425W. Os módulos possuem as seguintes especificações técnicas no Quadro 1.

**Quadro 1:** Especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos

Modelo - Tiger Neo N-type		
Condições de teste	STC	NOCT
Máx. Potência Nominal	565 W	425 W
Tensão de Operação (Vmp)	41.92V	39.38V
Corrente de Operação (Imp)	13.48A	10.79A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	50.60V	48,06V
Corrente de Curto-Circuito (isc)	14.23A	11.49A

Fonte: Datasheet do modelo Tiger Neo N-Type

Considerando a demanda (potência de geração) dos módulos fotovoltaicos, calculou-se a quantidade necessária para atender as especificações obtidas do sistema. Realizou-se o cálculo levando em consideração a utilização do índice de irradiação solar. Após obter o índice de irradiação, é possível realizar o levantamento do sistema com a maior exatidão e proximidade do real a ser gerado mensalmente. Além destas informações, são consideradas as perdas que o sistema venha a sofrer por inúmeros fatores.

A partir das informações levantadas, foi possível dimensionar o sistema, adotando a quantidade de 34 módulos fotovoltaicos, para que assim, possa alcançar a geração de energia incluindo a produção de um excedente. Em seguida realizou-se o dimensionamento do inversor necessário para comportar a potência de pico gerada pelos módulos fotovoltaicos, considerando um cenário de 100% de geração da carga consumida, sendo assim o cálculo da potência mínima do inversor, chegou-se no inversor da marca GROWATT de 15kW, de modelo MID15KTL3-X, com uma potência de 19,5kWp, trabalhando com um tensão máxima de 1100V e necessita de uma tensão de partida de 250V, apresentando um corrente máxima por MPPT de 26A por String, apresentando 4 rastreadores de MPPT e suportando até 2 arranjos por cada MPPT, de especificações técnicas abaixo no Quadro 2.

**Quadro 2:** Especificações Técnicas Inversor – GROWATT de Modelo: MID15KTL3-X

Modelo - GROWATT MID 15KTL3-K	
Potência	19,5 Kwp
Tensão de Partida	250V
Faixa Operação Mín.	200V
Faixa Operação Máx.	1000V
Máx. Tensão	1100V
Tensão CA	16,6 Kva
Corrente Máx. CA	43,6A

Fonte: Datasheet do inversor MID15KTL3-X

Para realizar a análise, foi feita a simulação através de dados coletados e aplicados de forma a elevar o cenário de geração o mais próximo do real, sendo assim possível de se obter os resultados da geração do sistema dimensionado e levantamento do possível excedente a ser produzido, tendo em vista os fatores de variação da irradiação solar dos 12 meses de comparação em questão. Com a realização do estudo de viabilidade, visto que com análise feita quanto ao perfil de consumo encontrado, demonstrando a melhor aplicação, refletindo assim, na forma de mensurar o desempenho esperado, por meio do controle de indicadores como retorno sobre investimento (ROI) e o PAYBACK, fazendo com que empresa possa optar por esta solução, sendo assim, reduzindo o custo de operação.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este artigo teve como objetivo, realizar o projeto de um sistema fotovoltaico, para implementação em uma pequena indústria, situada na zona rural da cidade de Manaus/Am região norte do Brasil e efetuar análise quanto aos resultados obtidos ao simular o desempenho, a fim de identificar o a viabilidade de implementação, bem como o retorno do investimento aplicado para utilizar nesta situação. O perfil de consumo encontrado, e a área disponível para a possível implementação, foi de 624,48 m<sup>2</sup>, e para adotado para utilização de aplicação somente 251,29 m<sup>2</sup>, de acordo com as medidas encontradas na planta e presentes na Tabela 1.

**Tabela 1:** Dimensões de Área Útil

Dimensões de Área Útil (m <sup>2</sup> )			
Local	Comprimento	Largura	Área disponível
Galpão 1	25,46 m	9,87 m	251,29 m <sup>2</sup>
Galpão 2	27,85 m	13,40 m	373,19 m <sup>2</sup>
Área Total Disponível			624,48 m <sup>2</sup>

Fonte: Autores (2022)

Após realizar o levantamento da área útil disponível é analisado uma as dimensões de segurança a serem adotadas, sendo elas, uma distância de 0,5 m em cada extremidade, afim de possibilitar melhor fixação e evitar riscos de desprendimento em caso de possíveis eventualidade, como por exemplo, chuvas com ventos acima do comum, desconsiderando essas áreas, obtemos a área útil real 549,9 m<sup>2</sup>, sendo respectivamente galpão 1 – 216,96 m<sup>2</sup> e galpão 2 – 332,94 m<sup>2</sup>, para isso, foi tomado como parâmetro o galpão 2. Ao obter esses resultados, utiliza-se os dados fornecidos pela empresa, quanto ao consumo médio dos últimos 12 meses, assim é obtido os seguintes dados encontrados, como visto na Tabela 2.

**Tabela 2:** Diagnóstico de Perfil de Consumo

DIAGNÓSTICO DE PERFIL DE CONSUMO														
MÊS	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	CONSUMO MED. MENSAL	CONSUMO MED. DIA
CONSUMO MENSAL (kWh)	2031	2055	1735	1547	1851	1960	1649	1792	1642	1569	2639	1777	1854 kWh	61,8 kWh

Fonte: Autores (2022)

Sendo assim, ao fazer o levantamento, é possível identificar o perfil de consumo, assim obtendo o valor médio de consumo de aproximadamente 1.854 kWh Mensal e 61,8 kWh por dia. A partir do que foi levanto, e visando otimizar a área útil disponível e os recursos empregados, foi adotada a placa de 565W de potência. Para posterior dimensionamento das quantidades de módulos que serão utilizados, é realizado uma pesquisa quanto ao índice de irradiação solar presente no local, o qual, interfere

diretamente no rendimento dos módulos escolhidos. Ao realizar o levantamento por meio dos dados obtidos no CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sergio de SB.) identifica-se que em um plano horizontal o índice de irradiação solar média por  $m^2$  é de 4,34 Kwh/ $m^2$ .dia, isto posto, realiza-se o dimensionamento do Kit de produção fotovoltaico necessário para atender as especificações da unidade consumidora, inicialmente buscando atender a 100% da demanda, ao analisar o custo-benefício a longo prazo. Além dos fatores utilizado, se torna necessário levar em conta as perdas as quais o sistema pode sofrer durando o período de operação, desta forma, encontra-se os seguintes fatores a levar em consideração:

- Inclinação/Orientação dos módulos (3% a 7%): 4%
- Sombreamento (0% a 5 %): 1,5%
- Limpeza do módulo (1% a 3%): 2%
- Inversor (2% a 8%): 3%
- Cabeamento (0,5% a 1,5%): 1,2%
- Temperatura (5% a 18%) :8,5%

Considerando os pontos de variação de perdas, foram consideradas perdas de aproximadamente 20%. Desta forma, tem-se dados que irão se equiparar aos reais, assim ao dimensionar os módulos do sistema obtém-se as seguintes especificações em relação as quantidades de módulos, já considerando as perdas estimadas, conforme Tabela 3.

**Tabela 3:** Dimensionamento de placas por perfil de sistema

DIMENSIONAMENTO DE PLACAS P/SISTEMA			
Potência da placa solar:	565 W		
Índice Irradiação solar:	4,34 kWh/ $m^2$ .dia		
	QTD	GERAÇÃO MENSAL	POTÊNCIA PICO SISTEMA
Quantidade de placas para (100%)	34 Unidade	2001 kWh	19,2 kW

Fonte: Autores (2022)

Para atender as especificações dimensionamento, foi encontrado o conjunto de módulo e inversores que além de atender aos requisitos, também possibilita uma possível expansão dos módulos em um momento futuro. De imediato a cagar gerada através do SFCR(Sistema fotovoltaico conectado a rede), além de atender hoje 100% do consumo médio da unidade consumidora, também será capaz de produzir um excedente, que ficará disponível em forma de crédito ligado a empresa aplicada, ou a pessoa física responsável pela empresa, onde este crédito tem uma validade de 60 meses para utilização na mesma UC (Unidade Consumidora) ou qualquer outra UC atrelada tanto ao mesmo CNPJ ou CPF do representante. Ao verificar o projeto, identifica-se a necessidade de implementação de uma String box ou também chamada de Caixa de junção, o qual é o invólucro no qual subarranjos fotovoltaicos, séries fotovoltaicas ou módulos fotovoltaicos são conectados

em paralelo, e que pode alojar dispositivos de proteção e/ou de manobra segundo a NBR 1669, para este projeto devem ser utilizados DPS de classe 2 o qual é ideal para o quadro de distribuição de cargas, este dispositivo tem como objetivo, realizar a proteção do circuito contra surtos, que em sua maioria são de origem atmosférica, por sua vez é também dimensionado o disjuntor CA para atender aos requisitos, utiliza-se a corrente de curto circuito de referência do Datasheet da placa solar, sendo ele de máximo de 14.23A, escolhe-se o disjuntor comercial de 16A, sendo estes somente necessários para saída em CA, pois o próprio inversor já conta com um sistema de proteção integrado, a caixa de junção projetada, visa proteger o inversor também de possíveis surtos provenientes da rede na qual será injetada. O projeto irá adotar o seguinte modelo para de instalação, visando utilizar a melhor distribuição dos painéis, desta forma, serão separadas em 4 Strings, sendo ela compostas por 2 arranjos com 9 painéis cada e 2 arranjos com 8 painéis cada, ligadas ao inversor que comporta até 4 MPPT's simultâneas, o qual realizará o monitoramento das strings e a proteção contra surtos, curto-circuito e sobrecargas. Assim, é possível ter como base os custos aplicados ao kit adquirido, sendo possível verificar o valor final do projeto como poder ser visto no Quadro 3.

**Quadro 3:** Custo do Kit SFCR

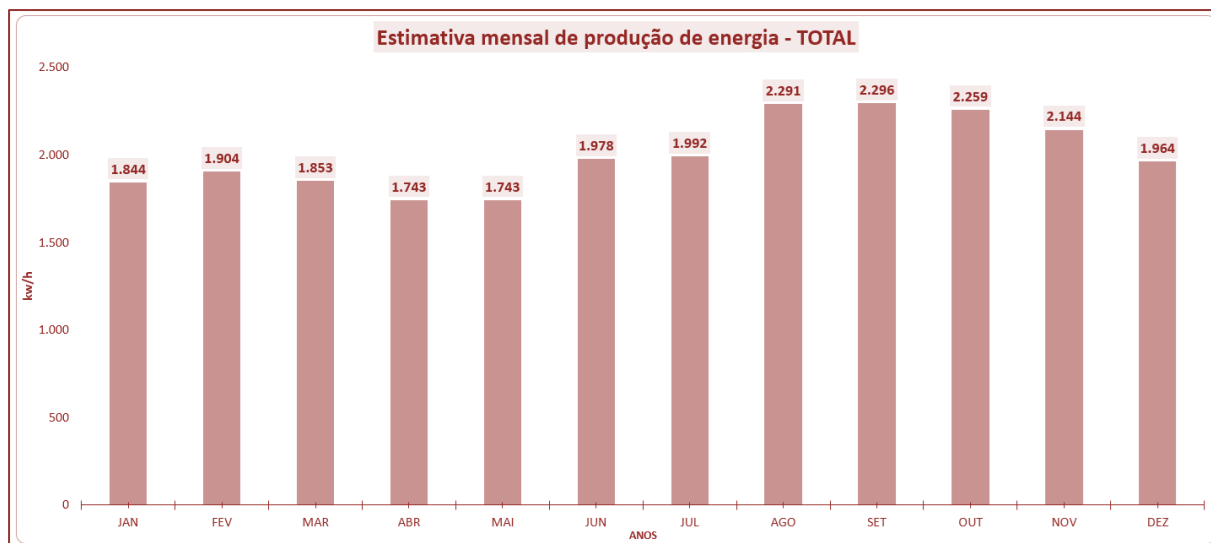
CUSTOS DO KIT SFCR	
% INFLAÇÃO ENERGETICA MÉDIA	11,36%
Custo do sistema (kit)	R\$ 75.869,00
Frete	R\$ 500,00
Valor do Projeto	R\$ 1.500,00
Valor da Instalação	R\$ 4.000,00
<b>CUSTO DO SISTEMA INSTALADO</b>	<b>R\$ 81.869,00</b>

Fonte: Autores (2022)

Com o projeto completo, foi realizado o levantamento o custo necessário para implementação do SFCR projetado para a o caso da empresa em questão, sendo assim, foi obtido um valor de projeto total de R\$ 81.869,00 considerando os valores do custo do kit (módulos fotovoltaicos mais inversor), frete, projeto e instalação. Desta forma para simular de maneira mais aproximada do real, foi realizado o cálculo do valor que seria gerado pelo SFCR mês a mês, considerando os valores variados de radiação solar por mês durante o ano e as perdas do sistema, assim obtendo essa média de geração simulada presente no Gráfico 1 e a Tabela 4.



**Gráfico 1:** Geração projetada - 12 Meses



Fonte: Autores (2022)

**Tabela 4:** Economia gerada pelo SFCR

MÊS	CONSUMO MENSAL (kWh)	SFCR Projetado (kWh)
out/21	2031	1.844
nov/21	2055	1.904
dez/21	1735	1.853
jan/22	1547	1.743
fev/22	1851	1.743
mar/22	1960	1.978
abr/22	1649	1.992
mai/22	1792	2.291
jun/22	1642	2.296
jul/22	1569	2.259
ago/22	2639	2.144
set/22	1777	1.964
<b>TOTAL</b>	<b>22.247 kWh</b>	<b>24.011 kWh</b>
kWh (EXCEDENTE)		1.764 kWh
ECONOMIA ANUAL COM O SFCR		R\$ 23.534,25

Fonte: Autores (2022)

A partir dos dados obtidos, percebe-se que a geração considera uma sazonalidade, visto que, a variação de irradiação pode ir do mínimo de 3,78kWh/m<sup>2</sup>.dia ao máximo de 4,34kWh/m<sup>2</sup>.dia, sendo perceptível que o período de maior produção fica entre os meses de março a agosto, e o período de onde é possível ver maior período de chuvas. A partir destes dados, foi possível calcular levando em consideração o valor da tarifa do kWh que hoje no Amazonas é de R\$ 0,980146, já considerando que o local se encontra cadastrado junto à concessionária como consumidor do grupo A de classe comercial, sendo cobrado em tarifa verde, na qual a concessionária local solicitou a revisão extraordinária devido à exigência, estabelecida na Lei Complementar nº 217/2021, de recolhimento do Imposto

sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) no momento do pagamento pela energia gerada fora do Estados do Amazonas. A determinação, vigente desde 1º de janeiro de 2022, é uma exceção à prática das demais distribuidoras no Brasil, nas quais o ICMS é recolhido na fatura de energia elétrica paga pelos consumidores finais. Uma vez que a aplicação de ICMS sobre a compra de energia não estava prevista no cálculo tarifário da distribuidora, ela solicita um reequilíbrio para repor os pagamentos já realizados e aqueles que incidirão até novembro, quando as tarifas da distribuidora passarão pela revisão periódica segundo a (ANEEL, 2022). Assim obtém-se os valores da tarifa para que possa em seguida calculado o custo de operação o qual irão compor as projeções, sendo assim é possível obter por meio deste gráfico demonstrando o tempo necessário para um Payback que consiste em uma análise financeira, onde o valor do investimento é dividido pela economia gerada, geralmente utilizando o mês como parâmetro do período segundo (BARBOSA; GUIMARÃES; BONILLA; GONÇALVES, 2021) Desta forma é feito por meio do seguinte cálculo:

$$\text{Payback} = \frac{\text{Valor investido}}{(\text{Média kWh gerada mensal} \times \text{Vlr. da Tarifa})}$$

Sendo assim obtemos o seguinte resultado:

$$\text{Payback} = \frac{\text{R\$ 81.869,00}}{(2001 \text{ kWh/mês} \times 0,980146)} \cong 42 \text{ meses ou } 3,5 \text{ Anos}$$

A partir destes dados, é possível verificar em quanto tempo o projeto começar a ter o retorno real sobre o investimento aplicado para sua implementação. O **retorno** médio atual, de **3,5** a 5 anos, leva em conta os valores das tarifas atuais. Mas a tendência é que o retorno seja ainda mais rápido, em função dos reajustes na conta de luz no mercado regulado.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao obter os dados para o levantamento de um sistema de geração de energia fotovoltaica a ser implementado em uma empresa de pequeno porte, situada na zona rural da cidade de Manaus/AM, foi possível identificar um padrão de consumo relativamente alto, porém ao analisar o potencial de geração desta solução sustentável, é visto que os resultados seriam de fato satisfatórios tanto a médio quanto em longo prazo, tendo em vista que o sistema projetado, buscou atender totalmente a demanda gerada pela Empresa de pequeno porte mensalmente.

Ao analisar os dados é possível identificar que o a localidade apresenta níveis de irradiação satisfatórios para a região, desta forma o sistema operaria produzindo um excedente de até 7,92% acima do que seria necessário para necessidade de operação mensal, considerando a media anual, existindo momentos durante o ano onde haveriam quedas na produção, porém mesmo considerando as perdas do sistema de aproximadamente 20% e o os níveis mais baixos de irradiação solar por m<sup>2</sup> em certos meses do ano, o sistema ainda consegue gerar o suficiente para que haja uma compensação destes mês em forma de crédito pela concessionária.

Assim, também, é possível realizar uma análise quando ao seu desempenho ao logo dos anos, visto que, ao realizar os cálculos de Payback e ROI, identifica-se um período de retorno baixo, possibilitando uma redução de custos provenientes de consumo de

energia de aproximadamente R\$23.534,35 ao ano, onde foi possível verificar um retorno do investimento em 3,5 anos e a partir do 4º ano um ROI exponencial, onde foram levados em consideração uma média da porcentagem da inflação energética, além do valor de eficiência das placas dimensionadas, que tem um tempo de operação de 30 anos com eficiência de 87,4 %, Assim conclui-se que esta alternativa se faz eficiente e de fato interessante para aplicação, frente a possibilidade de retorno por si mesmo, também levando em consideração ao valor dos produtos produzidos por esta empresa de pequeno porte utilizando uma fonte de energia sustentável.

## REFERÊNCIAS

- [1] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Consulta pública tratará de revisão extraordinária das tarifas da Amazonas Energia. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/consulta-publica-tratara-de-revisao-extraordinaria-das-tarifas-da-amazonas-energia>. Acessado em: 05/12/2022
- [2] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída – Resolução Normativa nº 482/2012 Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 0004/2018-SRD/SCG/SMA/ANEEL. Disponível em: < <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> >.
- [3] ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema de Informações de Geração da ANEEL -SIGA. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br> . Acesso em: 05 dez 2022.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>
- [5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos — Requisitos de projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. Disponível em: <https://www.solarize.com.br/downloads/manual-energia-solar/NBR-16690-2019-consulta-publica.pdf>
- [6] BEZERRA, Francisco Diniz. Energia solar. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.174, jul. 2021. (Caderno Setorial Etene). Disponível em: [https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/834/1/2021\\_CDS\\_174.pdf](https://bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/834/1/2021_CDS_174.pdf) . Acessado em: 08 set. 2022
- [7] EPE, Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario_2021.pdf)
- [8] IRENA, Irena International Renewable Energy Agency. Pessoas, Planeta e Prosperidade: Elevando Ambições Climáticas Por Meio De Renováveis. Disponível em: <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA\\_People\\_Planet\\_Prosperty\\_2019\\_PT.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jul/IRENA_People_Planet_Prosperty_2019_PT.pdf)>.
- [9] LR, Barbosa et al. Viabilidade para instalação de energia fotovoltaica “on-grid” em residência: Payback estimado em diversos cenários econômicos. Universidade Paulista - UNIP. 2021. Disponível em: [http://netlogconference.com/proceedings/papers/NETLOG\\_2020\\_paper\\_24.pdf](http://netlogconference.com/proceedings/papers/NETLOG_2020_paper_24.pdf) Acessado em : 05/12/2022
- [10] MELO, Thiago Silva de Matos; LEMME, Celso Funcia; TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. SUSTENTABILIDADE E ENERGIA FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA NO BRASIL: IMPACTO FINANCEIRO DOS RISCOS REGULATÓRIOS E TRIBUTÁRIOS. ENGEMA, 2019. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/21/anais/arquivos/49.pdf>, Acessado em: 26 nov. 2022
- [11] MOSQUEIRA, Glória Leite De Almeida. A EVOLUÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL. UNIRIO, 2020. Disponível em: <http://www.unirio.br/uniriosnct2010/unirio/ccjp/escola-de-administracao-publica/trabalhos-de-conclusao-de-curso-1/2020.1/TCCGloriaLeitedeAlmeidaMosqueira.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2022
- [12] OLIVEIRA, Kleber Carneiro. Avaliação da Conversão da Energia Fotovoltaica em Sistemas Isolados. ATTENA, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5428>. Acesso em: 20 nov. 2022.

[13] PONATH, Lucas Ferreira Gaede. Produção fotovoltaica residencial no Brasil: um estudo sobre a eficiência energética e viabilidade econômica. Tese de Doutorado 2022. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/25555> Acessado em: 12 set. 2022

[14] SAMPAIO, Rodrigo Duarte. SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA: METOLOGIA E DIMENSIONAMENTO PARA UMA PLANTA ELÉTRICA INDUSTRIAL. Manaus: UFAM, 2020. Disponível em: <https://rii.ufam.edu.br/handle/prefix/5840> Acessado em: 10 set. 2022

# Capítulo 18

## *Implementação do sistema de bloqueio através de loto em manutenções de baixa e alta voltagem em uma petroquímica na cidade de Manaus-AM*

*Glendson Menezes de Oliveira*

*Livia da Silva Oliveira*

*Renato Rodrigues da Silva*

*Kate Suellen Gemaque Mota*

**Resumo:** Esta pesquisa tem como o tema a implementação do sistema de bloqueio através de Lock Out e Tag Out (LOTO) em manutenções elétricas em uma empresa Petroquímica em Manaus-AM, que tem como principal modelo a definição dos equipamentos necessários para o bloqueio de energias perigosas, a implantação com instrução técnica, a manutenção do sistema e análise dos resultados obtidos após a implementação de procedimentos. A implementação configura-se, numa primeira etapa, em uma avaliação bibliográfica em livros, artigos e outros trabalhos de dissertações acerca do tema exposto, a NR-10, OSHA 29 CFR 1910.147, normas que regulamentam a atividade e correlatas. Os dispositivos de bloqueio e etiquetagem e ou sinalização utilizados para a proteção dos colaboradores contra acidentes com energia elétrica, bem como procedimento e treinamentos usados na implantação mostraram-se eficazes na composição de elementos para segurança do trabalhador através das diminuições de riscos.

**Palavras-chave:** LOTO; bloqueio; manutenção.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho visa a implementação do sistema de bloqueio através de Lock Out, que é o impedimento do religamento da máquina ou equipamento e Tag Out que é a etiquetagem e sinalização de que o sistema está sendo mantido, seja em baixa ou alta voltagem.

No processo industrial a manutenção relacionada a energias elétricas ocorre com muita frequência e a padronização de sistemas de bloqueios e controle de energias perigosas é fundamental, uma vez que, em sua maioria, durante a execução dos trabalhos, os colaboradores são obrigados a acessar áreas de risco (máquinas, subestações, painéis elétricos), seja no instante de retirada ou recolocação de peças, limpeza de componentes do sistema ou em manutenções preventivas. O operador deve estar completamente protegido durante a execução destes serviços e por esse motivo a implementação de um sistema de LOTO é necessário para eliminação dos riscos associados às atividades.

Nesse âmbito destaca-se a necessidade de criar ações relacionadas a promoção de segurança, como a instalação de dispositivos que visam eliminar acidentes e que trabalhem de maneira eficaz junto ao processo produtivo. Segundo o IBGE (2020), contabilizou-se um total de 445.814 acidentes de trabalho no ano de 2020, o que o coloca o Brasil na quarta posição do ranking dos países com maiores registros de acidentes laborais. Em 2021, segundo estudo da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Abracopel), aponta que, durante todo o ano de 2021, foram registrados 1.585 acidentes com energia elétrica. Somente os choques foram responsáveis por 674 óbitos, seguidos pela perda de 46 vidas em incêndios por sobrecarga de energia (curto-circuito) e 40 mortes por descargas atmosféricas (raios).

A Norma Regulamentadora 10 (NR 10, 1978) em seu artigo 10, preconiza que “em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais” para isso, o sistema de bloqueio é um dos assuntos mais debatidos entre as empresas, pois existe a necessidade da eliminação de quaisquer tipos de riscos de acidentes e incidentes no cotidiano de sua planta de produção (INBEP 2016). A utilização do sistema é extremamente importante para que a segurança esteja presente a todo momento, oferecendo condições de trabalho seguras para os colaboradores, além de garantir que os equipamentos sejam protegidos de acidentes, aumentando a produtividade da empresa.

Em empresas Petroquímicas a eletricidade é um elemento primordial, pois itens como controladores de vazão, pressão, volumes e temperatura são verificados constantemente através de mecanismos elétricos, tornando os serviços nos conjuntos de motores e bombas um processo que deve ser executado com rapidez, portanto a padronização de um programa de bloqueio trabalha com intuito de que os colaboradores que executem estas atividades estejam protegidos.

Esta análise tem como objetivo a implementação do sistema de bloqueio LOTO especificando os equipamentos necessários para o bloqueio de energias perigosas, implantando com instrução técnica e procedimentos a manutenção do sistema e avaliando os serviços após esta implementação. Este estudo, portanto, torna-se relevante para as áreas de manutenções que tem como base trabalhos que envolvam eletricidade e outras energias perigosas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo configura-se, primeiramente, em uma revisão bibliográfica em livros, artigos e outros trabalhos de dissertações acerca do tema exposto, bem como procedimentos internos da fábrica em questão, instalada na cidade de Manaus-AM. A etapa seguinte, corresponde a comparação com normas e artigos que regulamentam o assunto de maneira técnica, avaliando os itens indispensáveis para garantir a diminuição de desvios de segurança que possam culminar em acidentes do trabalho no decorrer de serviços de manutenção dos sistemas, máquinas e equipamentos de baixa ou alta voltagem. A terceira, e última etapa, visa avaliar os resultados obtidos após esta implementação.

O sistema LOTO foi implantado nos equipamentos que contém riscos de energizações, bem como conjunto de sistemas que possam apresentar energias residuais ou interligações com sistemas energizados, sujeitando os colaboradores que interveem nestas áreas a acidentes ou eventuais fatalidades, principalmente no que se diz respeito a trabalho em conjuntos de alta tensão.

Para a implementação foi realizado todas as etapas práticas da implantação do LOTO, tendo em vista a análise de todos os sistemas elétricos da empresa e aquisição de materiais necessários, em seguida foi realizado o treinamento para a capacitação dos colaboradores para manuseio correto dos componentes e sua utilização em sistemas elétricos.

Para a implantação do sistema de bloqueio, foi necessário capacitar os colaboradores a respeito dos equipamentos adquiridos para impedir a reenergização dos componentes elétricos, analisar o comportamento pessoal dos trabalhadores em relação à segurança das atividades exercidas e observar a melhoria na quantidade de desvios de segurança apresentados antes e após a implementação.

Como desvios de segurança entende-se todas as situações de risco na qual o colaborador, consciente ou inconscientemente, está exposto sem execução de medidas preventivas. Tratando-se de trabalhos envolvendo eletricidade, os desvios mais comuns são: manutenções em equipamentos energizados, ferramentas inadequadas, falha na detecção de correntes e tensões e o risco de curtos-circuitos.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para a implementação, as atividades desempenhadas na empresa envolveram os colaboradores que interagem com sistemas energizados durante a instalação, operação, manutenção de máquinas e conjuntos como subestação, onde era possível a sinergia com o sistema de LOTO.

### **3.1. DEFINIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS PARA O BLOQUEIO DE ENERGIA PERIGOSA**

Para uma efetiva atuação do sistema bloqueador é necessário um estudo inicial para que o conjunto de adoção de medidas tenha como identidade as possíveis fontes de bloqueio que possam ser atribuídos aos componentes do sistema.

Segundo a diretiva OSHA 29 CFR 1910.147 (1970), o propósito do LOTO é a prevenção de energização inesperada, acionamento de máquinas e equipamentos ou a

liberação de energia armazenada, para que haja a prevenção de acidentes de trabalho durante operações de serviços e manutenção.

Com isso o sistema funciona da seguinte maneira: quando uma máquina, equipamento ou subestação está em manutenção, um bloqueio é gerado bloqueando a fonte de energização e impedindo a reenergização de sistemas ou componentes. O bloqueio só pode ser removido quando os executantes da manutenção estão fora da zona de risco do equipamento ou conjunto, impossibilitando toda e qualquer fontes de riscos.

É necessário estabelecer um procedimento e mapear os dispositivos necessários para bloqueio afim de garantir a segurança ao acesso do colaborador às zonas perigosas, que somente devem ocorrer quando a sistema estiver bloqueada ou desenergizada. Assim, as atividades de manutenção, limpeza, lubrificação e outras que não são operações rotineiras devem ser feitas utilizando os bloqueios de energias.

O equipamento deve ser previamente preparado e as medidas de bloqueios de energia instaladas, criando assim uma zona segura para o trabalhador, quando um dispositivo do conjunto for mantido. A NR 12 (1978) preconiza que “durante a manutenção, inspeção, reparos, limpeza, ajuste e outras intervenções que se fizerem necessárias as máquinas e equipamentos devem estar paradas com bloqueio mecânico e elétrico na posição “desligado” ou “fechado” de todos os dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a reenergização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável”.

O acionamento do dispositivo de máquinas ou sistemas elétricos durante a execução de manutenção podem acontecer acidentalmente, por este motivo estes acionamentos devem ser prevenidos por um dispositivo de segurança, através de barreiras físicas para proteção botoeiras e disjuntores, bem como o impedimento de reenergização do sistema. Assim, os dispositivos que compõem os elementos de LOTO são figuras centrais no que diz respeito a manutenções em máquinas, equipamento e sistemas de subestações, de forma segura.

No sistema implementado têm-se como componentes físicos de LOTO: cadeados plásticos, bloqueio de plugs, bloqueadores de disjuntores pequenos e médios, garras de boqueio, etiquetas de identificação de perigo, conforme evidenciado na Figura 1.

**Figura 1:** Equipamentos Físicos de Bloqueio



Fonte: Autores (2022)



Os dispositivos dispostos acima devem prever a utilização em conjunto com os demais sistemas de segurança da própria máquina, equipamento ou sistemas como barreiras de luz na entrada ou saída de equipamentos, sistemas de intertravamentos, comandos bimanuais ou barreiras físicas, ou seja, deve haver uma sinergia entre os controles de risco afim de aumentar a segurança do trabalhador.

Os dispositivos de bloqueio de disjuntor, bem como cadeados, são para 480/600V, que é a tensão máxima encontrada em máquinas da empresa, estes são confeccionados em material plástico nylon reforçado com fibra, na cor vermelha para facilitar a visualização e, no caso de bloqueadores de disjuntores, podem ser de tamanho grande (65 mm x 25 mm) e pequeno (19 mm x 13 mm) a depender do disjuntor a ser bloqueado.

O equipamento ou sistema somente poderá voltar a operar após o término de toda etapa de intervenção, nesse sentido as fases de instalação e retirada de sistemas de bloqueio fazem parte, ainda, do processo de manutenção do mesmo e deve ser incluída como etapa importante no planejamento do serviço. Assim é permitido a criação de um estado seguro pelo operador, desde que este seja identificado e que a identificação seja registrada, então, é permitido o acionamento do dispositivo de partida.

Conforme a NR 10 (2004), deve-se utilizar um sistema de travamento do dispositivo de seccionamento, para o quadro, painel ou caixa de energia elétrica e garantir o efetivo impedimento de reenergização involuntária ou acidental do circuito ou equipamento durante a execução da atividade que originou o seccionamento. Deve-se também fixar placas de sinalização alertando sobre a proibição da ligação da chave e indicando que o circuito está em manutenção.

A função deste bloqueio de energia é proteger as pessoas que trabalham com máquinas elétricas ou em sistemas de subestação, pois evita que elas sejam energizadas acidentalmente. O bloqueio de energia é um mecanismo de segurança que impede o acionamento involuntário de um dispositivo de isolamento de energia, como um interruptor, uma chave ou um disjuntor. Este dispositivo pode ser acionado manualmente ou automaticamente, e sua principal função é evitar acidentes elétricos.

Neste sentido, os dispositivos de bloqueio têm como objetivo a permanência da condição segura realizada no início do processo de Manutenção. Assim o bloqueio de energia, através do sistema de LOTO, possui sistemas com cadeados que só podem ser destrancados em conjunto com o executante da atividade, indicando assim o fim da intervenção.

### **3.2. IMPLANTAÇÃO COM INSTRUÇÃO TÉCNICA E MANUTENÇÃO DO SISTEMA**

Para esta etapa foi realizado a implantação do sistema LOTO junto aos colaboradores da empresa e para isso, reverenciou a aplicabilidade do bloqueio e identificação de energia. No entanto, foi preciso realizar treinamento teórico em prol da implementação e manutenção do sistema, com realização de programas de treinamentos práticos aos colaboradores das áreas onde se aplica o procedimento, estes deverão receber capacitação com carga horária vinculada ao nível de interação com o sistema LOTO, os treinamentos são específicos e devem ter nível de aprofundamento suficiente para propiciar a segura aplicação do padrão.

Dessa forma o LOTO atua de forma a impedir uma ação não autorizada, para este procedimento em geral utilizam-se os elementos físicos de LOTO para não correr risco de

uma eventual energização do sistema. As instalações e serviços em eletricidade devem adotar sinalização adequada de segurança, destinada à advertência e à identificação. Para Potto e Rodolpho (2018),

No método de sinalização são adotadas etiquetas de alerta que possuem determinado desenho como uma marca e um meio de fixação, que pode ser fixado com segurança a um dispositivo de isolamento de energia em conformidade com um procedimento estabelecido, para indicar que o dispositivo de isolamento de energia e o equipamento a ser controlado não podem ser operados até que o dispositivo de etiquetagem seja removido (POTTO E RODOLPHO, 2018, p. 587).

Todos esses procedimentos foram implantados na empresa para realizar as atividades com segurança, as chamadas paradas de manutenção que são necessariamente uma parada programada de produção para a execução de manutenção em todos os equipamentos. Neste sentido, em paradas de manutenção os pontos de isolamentos são identificados com etiquetas e acompanhados por procedimentos específicos de parada. Diferente da rotina, o LOTO de parada consiste em isolar os sistemas e subsistemas da unidade, ficando suas chaves em cofre específico sob responsabilidade da área industrial, bem como dos sistemas de avaliação e de liberação de eventuais movimentações de energias perigosas, durante e no término da parada.

### **3.3. ANÁLISE DOS SERVIÇOS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DE PROCEDIMENTOS**

A implantação do sistema LOTO na empresa tinha o propósito de estabelecer medidas de controle de energias perigosas através da sistemática que é um conjunto de procedimentos e dispositivos de identificação de bloqueio e teve uma contribuição, em contrapartida, com a redução de desvios de segurança, protegendo os colaboradores e consequentemente preservando o patrimônio e meio ambiente. Para Souza et al. (2018),

“Em busca da diminuição de acidentes, o sistema LOTO de bloqueio é uma ferramenta que ao ser implantada permite que o colaborador exerça sua atividade sem ter a preocupação que o equipamento ou máquina será manuseada ou ligada por terceiros, aumentando a incolumidade do operador” (SOUZA et al., 2018, p. 76).

No entanto, há a necessidade de se estabelecer um fluxo de ações para que o LOTO seja instalado durante o processo de manutenção do equipamento ou sistema. Estas etapas devem ser seguidas por todos os responsáveis pela atividade.

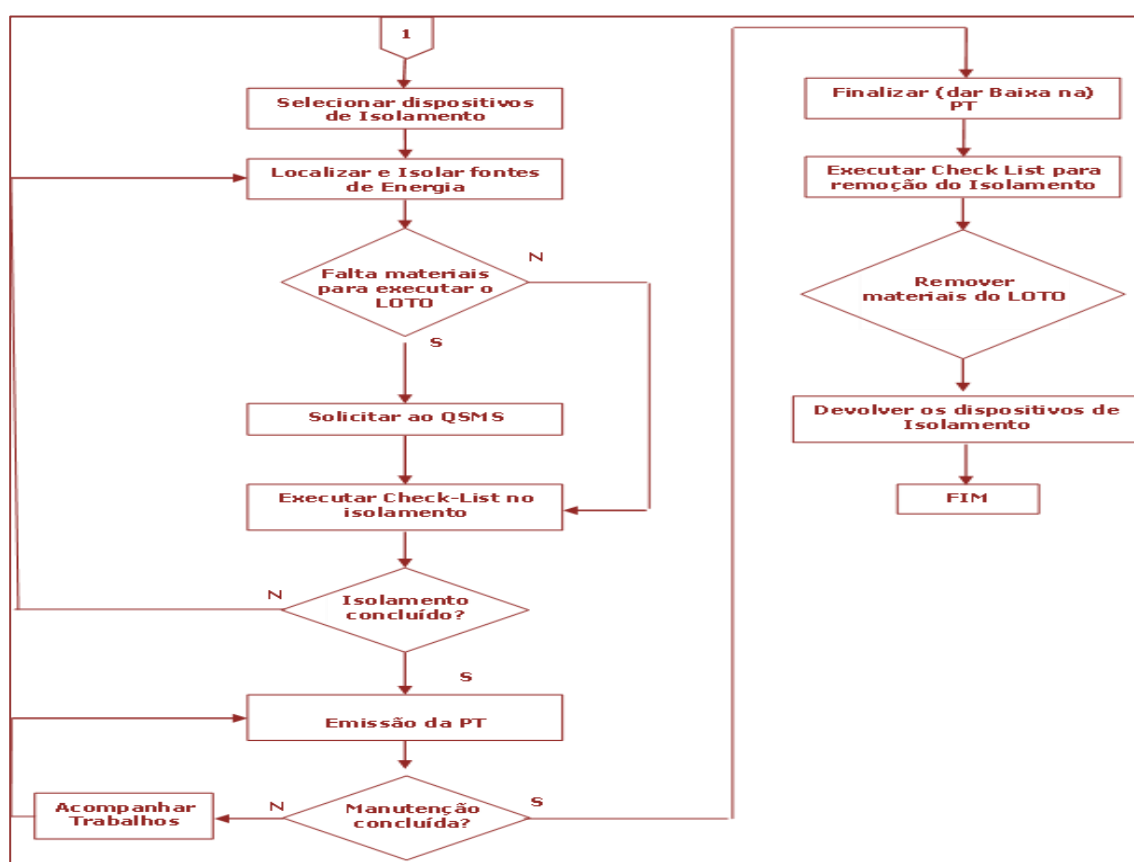
Os passos que compõem o fluxograma de consignação na figura abaixo, têm responsáveis estipulados para a sua execução e são considerados os passos principais para a correta aplicação da metodologia do LOTO. Mediante ao Fluxograma 1, os procedimentos foram seguidos, as normas e consequentemente a redução de desvios de segurança que poderiam ocasionar acidentes.

Para confecção do procedimento, no entanto, foi necessário mapear todas as máquinas da empresa e indicar a correta atuação dos bloqueadores, criando assim uma identidade condizente com a empresa. Para Silva et al. (2018),

“contudo, apenas ter um procedimento não nos dá a certeza de que não haverá acidente. É preciso que todos os envolvidos com energias perigosas, sejam treinados no procedimento de bloqueio e, além disso, a empresa deve criar mecanismos para garantir a efetividade da aplicação dos bloqueios durante atividades que o exijam” (SILVA et al., 2018, p. 13).

Silva et al. (2018), acrescenta ainda que “a falta de um sistema eficiente de bloqueio de energias tem sido a causa de muitos acidentes graves e até fatais”.

**Fluxograma 1:** Fluxograma do bloqueio de energia



Fonte: Autores (2022)

Por isso a implantação de um sistema de controle de energia com LOTO é uma tendência para empresas que almejam padronizar o controle de energia e ainda manterem o padrão de qualidade e segurança.

O sistema bloqueador decorre de um conjunto de medidas preventivas e segundo Tosmann (2017), a prevenção é considerada o conjunto de medidas com o objetivo de evitar ou minimizar a ocorrência de um fato indesejado, já as ações e condutas corretivas são direcionadas para reparar os danos de uma prevenção falha ou para minimizar os riscos de que ela ocorra.

Sendo assim, a importância do LOTO é garantir que os trabalhadores tenham o máximo de segurança possível, por meio de uma intervenção correta no mecanismo a ser mantido, com cobertura de todas as energias que apresentam perigo e que possam interferir na operação, garantindo aos trabalhadores segurança e confiança que não haverá acidentes durante a execução da tarefa. Para Souza et al. (2018),

“antes da implementação do sistema LOTO de bloqueio na unidade os serviços eram executados de maneira que colocavam todos os envolvidos na atividade em risco. Pois realizavam manutenção com equipamento em sem saber que estavam dispostos a se lesionar ou ter algum tipo de acidente fatal” (SOUZA et al., 2018, p. 85).

É evidenciado neste estudo que o sistema LOTO é uma sistemática que vem a garantir o correto bloqueio de possíveis energias potencialmente perigosas alertando o trabalhador para qual é o perigo existente e quem é o responsável pela interdição. Com a implantação desse sistema os riscos de acidente com os colaboradores diminuem drasticamente, além de propiciar uma qualidade de execução na manutenção dos equipamentos com segurança sem a devida preocupação com manobras indevidas.

Foi apresentado uma diminuição significativa nos riscos de acidentes evidenciados, após a implementação do sistema, os desvios encontrados envolvendo máquinas energizadas durante execução de manutenções, bem como falha na informação para que terceiros não religuem o sistema elétrico em questão, diminuíram em 89%.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo foi desenvolvido com a finalidade de analisar o sistema de bloqueio LOTO durante e após suas fases de implementação, seus métodos, seus processos e os principais cuidados que devem ser tomados na utilização do bloqueio de equipamentos elétricos. Em consonância, temos uma diminuição das situações de riscos em operações que envolvam energias elétricas.

O LOTO mostra-se um sistema muito efetivo na diminuição de desvios de segurança e prevenindo riscos de acidentes que poderiam levar o colaborador a acidentes fatais. Nas últimas décadas, os acidentes de trabalho têm se tornado comuns nas indústrias, gerando danos materiais e lesões corporais, às vezes fatais. Em sistemas de alta voltagem, onde o risco de acidentes fatais é mais comum do que em sistemas de baixa tensão todas as medidas para evitar acidentes como choques elétricos, curtos-circuitos, bem como queimaduras de grau elevados, um sistema de desenergização e bloqueio é imprescindível para execução de atividades de manutenção e intervenção.

A implementação do programa dependeu não só da aquisição de equipamentos para bloqueio como familiaridade dos funcionários com o fluxo exigido para a atividade. Treinamentos e disseminação através de campanhas foram as formas de conscientização abrangidas além de itens de verificação (Check-List) inseridos em conjunto com as Ordens de Serviço de Manutenção (OS's), vinculando assim a necessidade de instalação dos equipamentos de LOTO no conjunto de máquinas ou equipamentos antes da execução de qualquer serviço que envolva eletricidade.

A cultura de segurança ainda é uma barreira difícil de ser quebrada, portanto, a dificuldade encontrada na implementação de novos sistemas. Por este motivo a

fiscalização, a continuidade de treinamentos e disseminação, bem como o acompanhamento feito durante os processos de bloqueio são, continuamente, necessários.

Para os serviços de Manutenção em alta tensão, os itens de verificação vinculam-se também ao procedimento de intervenção em subestações e são avaliadas antes de qualquer serviço através da Permissão de Trabalho (PT) e Análise Preliminar de Risco (APR), documento emitido pela área de Segurança do Trabalho onde avalia-se os riscos de determinada atividade e se solicita providências para que o acidente seja evitado.

Para que a implementação e continuidade do sistema seja mantido é necessário que o estudo a respeito do bloqueio das máquinas da empresa seja contínuo e acompanhe a evolução dos itens de bloqueio no mercado, bem como seja gerada uma Matriz de LOTO para toda e qualquer máquina em operação na indústria.

## REFERÊNCIAS

- [1] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10 – Segurança em instalações e serviços de eletricidades. Brasília: Ministro de Estado do Trabalho e Emprego, 2004. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- [2] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: Ministro de Estado do Trabalho e Emprego, 2004. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr12.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- [3] CORRÊA, M. U. Sistematização e aplicações da nr-12 na segurança em máquinas e equipamentos. Monografia (Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade regional do noroeste do estado do rio grande do sul, Ijuí, 2016.
- [4] GODINHO, Leonardo Riberás Godinho. Acesso Seguro e Bloqueio De Energia. 2017.
- [5] MARTINHO, Meire Biudes; MARTINHO, Edson; DE SOUZA, Danilo Ferreira (Org.). ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA 2022 – Ano base 2021. Salto-SP: Abracopel, 2022. DOI: 10.29327/560614
- [6] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística: Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho – AEAT. 2020. Disponível em: <<https://ces.ibge.gov.br/base-de-dados/metadados/mps/anuario-estatistico-de-acidentes-do-trabalho-aeat.html>>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- [7] INBEP. 2016. Disponível em: <<http://inbep.com.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2022.
- [8] OSHA - Occupational Safety and Health Administration. (1970). Occupational Safety and Health standards: Occupational health and Environmental Control (standard No. 1910.95)
- [9] POTTO, Cleverson Paulo Barrena. RODOLPHO, Daniela. Procedimento de segurança utilizado na manutenção elétrica industrial: bloqueio de energias perigosas (loto). Interface Tecnológica - v. 18 n. 1 (2021).
- [10] SILVA, Wellington R. T. e; SANTOS, C. R. G. dos; MORALES, I. M. Elaboração de um Procedimento de Bloqueio de Energia para Manutenção em uma Cabine de Resfriamento. Revista Científica Semana Acadêmica. 2018. Disponível em: [https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo\\_wellington.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_wellington.pdf). Acesso em: 13 out. 2022.
- [11] SOUZA, Tiago José de; SOUZA, James Wilgon Porto de; GONÇALVES, Gustavo Henrique Vital. Implantação do Sistema Loto de Bloqueio Na Indústria Sucroalcooleira. 2018. Disponível em: [http://repositorio.unifafibe.com.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/290/2018\\_TJS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unifafibe.com.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/290/2018_TJS.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 14 out. 2022.
- [12] TOSMANN, João Marcio. 5 Ações Preventivas para Evitar Acidentes no Ambiente Industrial. Cipa, São Paulo, 27-28 p., 20 set. 2017. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18321/1/CT\\_CEEEST\\_XXXVI\\_2018\\_19.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18321/1/CT_CEEEST_XXXVI_2018_19.pdf). Acesso em: 10 out. 2022.

# Capítulo 19

## *Sistema de automação de caixas d' água de residencial via CLP*

*Janderson Barbosa Maciel  
Kate Suellen Gemaque Mota  
Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** A água é um elemento essencial nas indústrias que produzem alimentos e produtos de limpeza, sistemas de refrigeração. É importante gerenciar o consumo e garantir que os recursos estejam sempre disponíveis. Esse projeto visou o desenvolvimento de um sistema para medir o nível de água de reservatórios, onde as informações enviadas pelo sistema podem ser usadas como parâmetros de monitoramento por equipe técnica ou até mesmo um morador simples. Para detalhar o sistema, foi utilizado CLP juntamente com sensores onde o hardware é utilizado de forma a gerar um custo menor e mais preciso do que microcontroladores, pois os mesmos, apresentam problemas de funcionamento em ambientes dinâmicos diferentes dos CLP's, que são imune a mudanças ambientais e ruídos industriais e sistemas de transmissão.

**Palavras-chave:** CLP; automação industrial; controle logico programável.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a tecnologia é utilizada para facilitar a vida das pessoas na realização de tarefas cotidianas, através do uso de dispositivos e tecnologia avançada para facilitar a realização de tarefas simples a atividades mais complexas. Essa tecnologia revolucionou o conceito de automação, exceto que a indústria começou a trabalhar em casa. É nesse contexto que a automação residencial se mostra uma ferramenta viável para controle e visualização de sistemas. Automação é a aplicação de tecnologia informatizada ou mecânica para aumentar a eficiência, maximizar a produção e reduzir custos com base em energia ou matérias-primas (CAMPOS, 2018) além de servir como forma de reduzir a poluição ambiental e promover melhores condições de segurança humana, métodos de materiais ou processos, utilizando técnicas de software, máquinas, robótica etc.

Controlador Lógico Programável Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association), é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos (BRAGA, 2018).

Segundo Sanders (2018) o CLP atua como um sistema de controle de processo. No entanto, para obter o controle correto, você precisa acompanhar o processo que deseja controlar, e é aqui que entram os sensores. Assim, o CLP atua nas leituras dos sensores e emite comandos aos atuadores.

A maioria das casas tem um sistema hidráulico que fornece água para a casa. O sistema é composto por uma caixa d'água de 500 litros fornecida pelo franqueado (SMITH et al, 2019). O controle do nível de água do tanque de água é feito apenas pelo interruptor de boia. Existem duas bombas centrífugas no fundo do tanque, que sugam a água e a canalizam para o tanque. Este projeto visa desenvolver um sistema automático que utiliza PLC para controlar o nível de água do reservatório.

## 2. MATERIAL E METÓDOS

Os sistemas hidráulicos automáticos fazem parte de muitas plantas industriais, mas devido ao crescimento populacional e às crises hídricas, os sistemas automáticos de armazenamento, reciclagem e reciclagem de água têm se tornado cada vez mais comuns em edifícios residenciais. Seja em grandes cidades ou propriedades rurais, esses sistemas ocupam espaço e devem fazer parte da carteira de trabalho dos eletricitistas, seja na construção de sistemas de nivelamento automático ou na sua manutenção.

### 2.1. ESQUEMA DE FUNCIONAMENTO

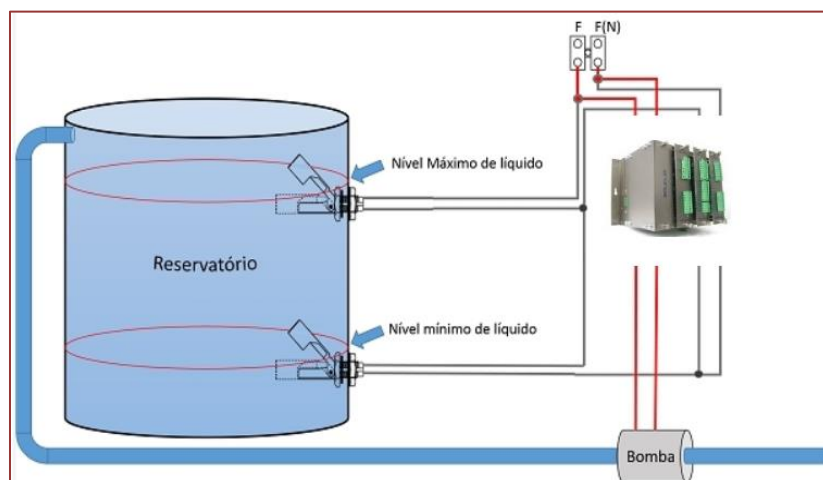
Um sensor de superfície é um pequeno flutuador com um contato elétrico interno que atua basicamente como um interruptor, permitindo ou não a passagem de corrente elétrica pelos contatos (DORMINDO et al, 2017). Acoplado na lateral de um tanque ou mesmo em um sistema de tubulação colocado nesse tanque, pode ser utilizado quando o circuito do PLC está aberto ou fechado, ele envia um comando para a bomba, liberando o acesso.

Para o sistema de controle automático de nível de um reservatório são usados os seguintes materiais:

- 2 Sensores de nível;
- 1 CLP
- 1 Bomba elétrica d'água.

Conforme o esquema elétrico abaixo da Figura 1, está sendo representado a ligação dos cabos para este circuito.

**Figura 1:** Sistema automatizado de caixa d'água com CLP



Fonte: Autores (2022)

Este sistema de automatização apresenta grandes vantagens em relação ao método manual, sendo uma das mais importantes o baixo custo de instalação, o custo de seu sensor e PLC é relativamente baixo e possui uma longa vida útil (FILTSOFF et al, 2018). Os sensores são montados na lateral do tanque ou conectados a um sistema PLC, o que proporciona excelente ativação e desativação, o que não é possível, por exemplo, interruptores de boia, que podem variar devido a ondulações do líquido na superfície da caixa de água.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado foi muito satisfatório nos meses em que foi acompanhado o processo não tivemos mais ocorrência de falta d'água o tempo nos setores, foi efetuado melhorias na distribuição dos sensores no suporte, no bloco residencial.

Logo após a montagem do sistema e do circuito foram realizados vários testes que corresponderam às expectativas. A dificuldade de monitorar o nível da água através da parede do reservatório. Mas conforme pesquisas e os testes que realizamos sobre a constante dielétrica dos materiais, descobrimos que a escolha do sensor capacitivo depende basicamente do material que se deseja detectar, da relação custo-benefício e, obviamente, do projeto. Não é porque o sensor capacitivo detecta todos os materiais que não devemos atentar ao material, ou melhor, à constante dielétrica do material.



### 3.1. PROGRAMAÇÃO LADDER

A programação em ladder é uma linguagem utilizada especificamente para CLP's, voltada para ampliar as capacidades lógicas com a implementação de um esquema organizado que define as entradas e saídas de dados. Ao realizarmos um comparativo com os microcontroladores, o CLP apresenta vantagens devido a sua simplicidade de aprendizado, necessitando apenas de conhecimentos elétricos e lógicos para a programação em ladder, enquanto os microcontroladores requerem conhecimentos mais avançados sobre os hardwares e softwares. Possuindo ainda uma limitação em nível de processamento e de ativação de start onde os CLP's, possui uma grande vantagem em relação aos microcontroladores. Com isso em mente, foi idealizado três elementos principais foram utilizados neste projeto para controlar sistemas vinculados a variáveis internas virtuais ou físicas. São eles: entradas ou contatos que lêem o valor de uma variável booleana. Podem ser NA (normalmente abertas, indicadas pelo símbolo -II-), que é fechada se a variável associada for verdadeira, caso contrário é aberta; ou NC (normalmente fechado, símbolo -I/I-) - um contato que está aberto quando a variável associada é verdadeira ou fechada;

- Saídas ou wrappers que escrevem o valor de uma variável booleana ou ativam a memória. Podem ser simples, fixos ou inicializados e são indicados pelo símbolo - ();
- Blocos de função que habilitam funções avançadas como contadores e temporizadores. O valor de entrada é fornecido pelos contatos e o valor da bobina pode ser atribuído à saída física do PLC.

O modelo usado foi dividido em etapas de atuação, possibilitando identificar os principais conceitos mencionados com cada tópico iniciando corretamente por uma entrada, e finalizando com a saída. Também podemos observar a presença dos já mencionados sensores ao longo do trajeto, também sendo importante adicioná-los no modelo para garantir seu trabalho em conjunto funcional quando o código for passado para a parte prática. Silva (2020), Caetano (2018) e Melo (2021), trabalharam com modelos semelhantes utilizando a programação em ladder, sendo então, capazes de reforçar como essa ferramenta é importante para definir as sequências lógicas a serem tratadas no desenvolvimento de projetos que utilizam um Controlador Lógico Programável. Segundo Ribeiro (2017) A linguagem Ladder é usada em circuitos que compõem processos industriais, permitindo o acionamento de equipamentos do chão de fábrica, como motores elétricos e cilindros hidráulicos.

### 3.2. MEDIDAS

Seis amostras de volume foram coletadas e utilizadas para cálculos sistemáticos de média e desvio padrão. Para cada amostra, o volume a ser medido foi determinado em 500 L. Para obter esse valor e verificar o erro sistemático, foram adicionados 500 L de água pelo sensor de entrada e retirados 500 L de água pela saída. Esses valores foram medidos em uma escala de 500 litros.

**Tabela 1:** Valores de medições obtidas pelo sistema

Sensor de Entrada (1000L)	Sensor de Saída (500L)	Volume medido pelo Sensor L
900	500	400
1000	489	511
950	500	450
800	497	303
1000	500	500
980	450	530

Fonte: Autores (2022)

A Tabela 1 mostra os valores medidos dos sensores e o volume informado pelo sistema. Ao realizarmos essa coleta de dados para obter respostas sobre o funcionamento do sistema de automação de caixas d'água com CLP, foi possível identificar os níveis mínimos e máximos que podem ser atingidos em diferentes atuações dessa ferramenta, além de constatar a eficácia no processamento das principais tarefas automatizadas. Maia et al. (2019) e Vidal (2021) apoiam a prática analítica no desenvolvimento de projetos, com o objetivo de constatar informações específicas, e realizar avaliações claras e eficientes para decidir o andamento do sistema e como ele pode ser aprimorado.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto teve como propósito desenvolver um sistema dinâmico, fácil de instalar, barato e eficiente, onde seja possível automatizar a entrega, receber dados de volume em tempo real e relatar possíveis falhas. A aplicação desenvolvida para interagir com o sistema do usuário obteve sucesso, devido às especificidades do método utilizado. A comunicação entre o sistema e a interface funcionou de forma satisfatória, respondendo aos comandos oriundos dos reservatórios e enviando as informações necessárias constantemente. Mantendo as características da interface proposta, a comunicação enviada para a central CLP pode tornar o sistema mais eficiente, pois possui um contato isolado com os usuários, sendo acessado pelo sistema visual. Ao adicionar em trabalhos futuros um sistema de bomba também deverá melhorar significativamente o sistema. Os componentes foram usados para isolar a alimentação da central de CLP e o circuito desenvolvido respondeu perfeitamente aos sinais de disparo.

Assim, pode-se observar que o uso do PLC pode produzir menos manutenções e melhorar a qualidade da produção, o que leva a economia. Por isso é importante que tais equipamentos sejam adquiridos e implantados por meio de empresas especializadas em automação de processos industriais.

#### REFERÊNCIAS

- [1] BRAGA, Newton C. 10 Fontes de alimentação (ART1083). Disponível em <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/electronica/57-artigos-e-projetos/8137-10-fontes-dealimentacao-art1083>>. Acesso em: 18 nov 2022.
- [2] CAETANO, A.: Verificação automática de sistemas descritos usando a linguagem Ladder. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil, 2018.

- [3] CAMPOS, M. M. de. Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais. [S.l.]: Editora Edgard Blucher, 2ª edição, 2018.
- [4] DORMIDO, S.; ESQUEMBRE, F. The quadruple-tank process: An interactive tool for control education. European Control Conference, 2017.
- [5] FILTSOFF, R. B.; MARTINS, D. M. S. Sistema de monitoramento e controle do consumo de água residencial. 20 p. Monografia (Monografia) — CENTRO DE ENSINO SUPERIOR DE JUIZ DE FORA, Juiz de Fora, 2018. Citado na página 13.
- [6] MAIA, K.; SILVA, G.; LIBÂNIO, M.: Aplicação de análise multivariada no estudo da frequência de amostragem e do número de estações de monitoramento de qualidade da água. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 24, p. 1013-1025, 2019.
- [7] MELO, G.; FILHO, J.: Programação Em Ladder De Misturas Químicas Em Tanques Para Produção De Tintas. Revista Brasileira de Processos Químicos, v. 2, n. 1, p. 43-55, 2021.
- [8] Ribeiro, M.A. (1999), Instrumentação. Tek Treinamento e Consultoria LTDA, Salvador.
- [9] SANDERS, A. C. Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, v. 9, n. 3, p. 811–833, 2018. ISSN 2013-0953.
- [10] SILVA, H.: Soluções lógicas em linguagem ladder utilizando o TLP logixpro simulation como ferramenta didática para roteiros de aulas práticas de CLP. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Brasil, 2020.
- [11] SILVA, M. E. Controladores Lógico Programáveis – Ladder. FUMEP/EEP/COTIP, 2017.
- [12] SMITH, C. A.; CORRIPIO, A. Princípios E Prática Do Controle Automático De Processo. [S.l.]: LTC, 2019.
- [13] VIDAL, M.: Avaliação da influência de reservatório predial na qualidade da água para consumo humano: proposição de um plano de amostragem para a vila acadêmica de um campus universitário. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Brasil, 2021.

# Capítulo 20

## *Reduzir o refugo de placas de circuito impresso através de alteração da especificação da abertura do estêncil de impressão de pasta de solda*

*Jonatha Evangelista da Silva  
Livia da Silva Oliveira*

**Resumo:** Existem muitos tipos diferentes de chapas de metal sendo usados por fabricantes de estêncil no mercado SMT de hoje. Alguns desses materiais incluem chapa de aço inoxidável padrão da série 300, chapas de aços inox Fine Grain, chapa de níquel galvanizado juntamente com outras películas especiais otimizadas para a indústria de estêncil de corte a laser. Este artigo investigará a qualidade nas diferentes chapas de aço e abertura dos estêncis, bem como a eficácia desses tipos de chapas inox em relação à impressão de pasta de solda. Os resultados serão apresentados juntamente com pontos fortes e fracos dos diferentes tipos de chapas para ajudar o usuário final a fazer escolhas de estêncil adequados.

**Palavras-chave:** Estêncil; solda; SMT.

## 1. INTRODUÇÃO

A empresa do PIM (Polo Industrial de Manaus) como corporação mundial define em sua política mundial de manufatura a todas suas plantas o tipo químico da pasta, e indiretamente a regulagem do equipamento Printer. Portanto, a variável tecnológica do estêncil, que tem uma extrema importância no sucesso da serigrafia, devido a diversos modelos de placas nos permite um trabalho de melhorias do desempenho através de pesquisas e desenvolvimento para novos materiais de estêncis, novos tipos de aberturas, novos dimensionamentos em função dos componentes, e acabamento do estêncil. A tecnologia atual de placas eletrônicas apresenta um alto percentual dos componentes soldados pelo processo SMT (Surface Mounting Technology). Neste processo SMT a etapa mais importante é a printagem, que consiste na serigrafia da pasta de solda nas metalizações pads (Metalização SMT da PCI onde será soldado o terminal do componente) da PCI (placa de circuito impresso). Através de sua fusão em forno Reflow permite a soldagem dos terminais dos componentes eletrônicos nas mesmas (GENGENBACH, 2018).

Tradicionalmente o estêncil é produzido com chapas de aço inox austenítico conforme norma AISI da família 300, e através de sistema Laser para realizar as aberturas necessárias para a serigrafia da pasta de solda. O sistema Denso, como todas as outras empresas mundiais adotam este mesmo sistema que é o atual padrão tecnológico desde seu surgimento. As aberturas atuais são tradicionais por tipos de componentes eletrônicos e presentes na biblioteca dos sistemas laser. As únicas mudanças de aberturas que ocorrem são quando são lançados novos tipos de componentes eletrônicos no mercado. Como a pasta de solda é imutável ou não é permitido avaliar outras formulações por ser padrão da corporação, entendemos que o desenvolvimento de especificações de estêncil envolvendo tipo de aço inox, variações de formatos e perfis de aberturas, acabamento superficial das aberturas pode trazer excelentes resultados técnicos-financeiros e de segurança humana para corporação, (HWANG, 2005).

O sucesso de uma nova etapa tecnológica do estêncil proporcionará elevar os índices atuais de qualidade, e principalmente redução de custos, e aumento de confiabilidade do produto, pois a empresa sucateia as placas eletrônicas com componentes que apresentam problemas de serigrafia em sua inspeção ótica automatizada. Além deste fato, mesmo que as placas serigrafadas e liberadas pelo sistema SPI (Solder Printing Inspection) ainda podem apresentar defeitos de solda como curtos de solda e opens (aberto - Componentes sem conexão na PCI). Portanto, o desenvolvimento e pesquisa para novas especificações de estêncil é fundamental para os aspectos técnicos-financeiros e segurança da vida humana, além da transferência do conhecimento adquirido na pesquisa e desenvolvimento experimental aos fornecedores do mercado nacional, com intuito de cumprir os requisitos de estêncil da empresa reduzindo os custos de logística e leadtime.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A Empresa fabrica produtos de alta performance tecnológica para o setor automotivo como a injeção eletrônica também tem permanente preocupação com a segurança humana devido a representatividade que este produto pode impactar na vida pessoal de seus usuários. Tradicionalmente o estêncil é produzido com chapas de aço inox austenítico conforme norma AISI da família 300, e através de sistema laser para realizar as aberturas necessárias para a serigrafia da pasta de solda. A tecnologia utilizada por

outras empresas mundiais adota este mesmo sistema que é o atual padrão tecnológico desde seu surgimento. As aberturas atuais são tradicionais por tipos de componentes eletrônicos e presentes na biblioteca dos sistemas laser. As únicas mudanças de aberturas que ocorrem são quando são lançados novos tipos de componentes eletrônicos no mercado. O desenvolvimento de especificações de estêncil envolvendo tipo de aço inox, variações de formatos e perfis de aberturas, acabamento superficial das aberturas pode trazer excelentes resultados técnicos-financeiros e de segurança humana para corporação resultando em inovação incremental de processo através de:

1. Desenvolver novos tipos de aço inox que apresentem ranhuras abaixo dos diâmetros das esferas da pasta de solda.
2. Aberturas de estêncil onde a tecnologia de máscara de solda SMD e NSMD não afetem fortemente a qualidade serigráfica
3. Uso de materiais orgânicos que reduzam a ação das resinas do fluxo que facilitam a retenção das esferas da pasta de solda nas ranhuras.

Em vista das atividades realizadas no estudo, iniciou a atividade de pesquisa de novos materiais; realizou-se um estudo sobre o aço inox utilizado no estêncil padrão utilizado pela empresa do PIM e por muitas outras corporações mundiais, com base na avaliação nos tamanhos de grãos e como a chapa de aço inox comporta-se após a abertura do estêncil fez-se o levantamento de quais materiais poderiam vir a substituir a base metálica que pudessem permitir abertura de ranhuras com menores diâmetros, elegendo assim os aços inox Fine Grain (FG), (SMITH, 2017).

Após a determinação do novo material para o estêncil realizou-se estudo ao que se refere à geometria das aberturas devido ao fato de que as aberturas de estêncil são fortes influenciadores da qualidade de printagem nos pads. Ao estudar e pesquisar as geometrias de aberturas utilizadas sugeriu-se novos tipos de aberturas que permitem que a etapa de printagem seja realizada com maior eficácia mantendo as especificações técnicas para os componentes serem soldados. O método utilizado para pesquisa da análise comparativa do (estêncil novo x estêncil corrente), foi a de imagens SPI (Solder Past Inspection) junto a análise estatística CP e CPK. Por ser tão importante para o funcionamento da placa, a aplicação da pasta de solda exige uma inspeção posterior. Por isso, é fundamental um equipamento de inspeção de pasta de solda que permita uma completa verificação de deslocamento, altura, volume, insuficiência etc.

A máquina SPI permite monitorar a uniformidade de deposição de solda, seja por baixa aplicação ou excesso de solda e que podem comprometer a funcionalidade da PCI, provocados por pontos sem solda ou curtos de solda. A SPI possui câmeras angulares, que produzem imagens 3D nítidas, essas câmeras são capazes de capturar a altura da pasta de solda impressa (Figura 3), facilitando a medição precisa do volume da pasta de solda. Com a ajuda da SPI e juntamente com a inspeção óptica automatizada, os fabricantes monitoram com facilidade os processos de impressão de colagem e solda de componentes. A inspeção da pasta de solda é um processo que pode ajudar a aumentar a confiabilidade e a qualidade do produto. O uso dessa ferramenta pode reduzir entre 50% e 70% os defeitos de solda, defeitos esses que são muitas vezes atribuídos aos processos de aplicação da pasta de solda na placa impressa. Também é importante frisar que a SPI além de localizar defeitos esse processo otimiza o controle de qualidade da montagem da placa. Só assim a placa poderá seguir o curso da linha de produção sem problemas. Caso essa etapa seja pulada, é possível que alguns erros passem despercebidos e a placa só seja identificada como inconsistente no final do processo (KOCAKOÇ, 2022).

Para medição da capacidade de processo de impressão de pasta de solda, primeiramente é necessário imprimir 30 placas para medição de deslocamento e altura da pasta de solda. Após imprimir todas as placas, numerar as 30 placas em sequência de montagem (Quantidade de placas e posicionamento). Medir as placas em sequência numérica, para seguir o fluxo de impressão da máquina (Front-Rear / Rear-Front). Depois seguir o procedimento de medição. Medir duas direções em diagonal nos dois pontos da placa.

Para os Pontos pesquisados e analisados, o resultado foi positivo com a utilização do novo estêncil, levando em consideração:

1. Aumento da área de preenchimento dos pads
2. Melhor homogeneidade, quanto aos picos de solda (aspecto mais regular)
3. Aumento do volume (devido ao aumento da área)
4. Para o componente BGA, apresentou grande melhora quanto ao formato e preenchimento.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sucateamento da PCI e componentes são significativos financeiramente, além do fato de que ainda que a serigrafia seja aprovada pelo sistema de inspeção não existe total segurança de zero defeitos pós solda, pois podem ocorrer falhas de soldagem por curtos de solda e “opens”. Portanto, o desenvolvimento e pesquisa para novas especificações de estêncil é fundamental para os aspectos técnicos-financeiros e segurança da vida humana, além da transferência do conhecimento adquirido na pesquisa e desenvolvimento experimental aos fornecedores do mercado nacional, com intuito de cumprir os requisitos de estêncil da empresa reduzindo os custos de logística e lead time.

**Gráfico 1:** Análise de custo mensal após a implementação do novo estêncil



Fonte: Autores (2022)

O Gráfico 1 mostra o índice de erros e custos gerados mensalmente devido ao refugo de PCI causadas por um mal processo de printagem no componente BGA, e mostra que após a implementação do novo estêncil, obtivemos ótimos resultados, reduzindo drasticamente os erros relacionado a printagem.

### **3.1. TESTAR NOVOS TIPOS DE AÇO INOX, CONCILIANDO TECNICAMENTE NOVO TIPO DE MATERIAL, ACABAMENTO E ABERTURAS**

Material escolhido para o projeto é aço inox Fine Grain, os aços inox austenítico são compostos metálicos da família de aço que são basicamente formados por Ferro e Carbono podendo apresentar em sua estrutura outros elementos de liga (muitas vezes chamadas de impureza) que darão ao material características distintas dependendo da porcentagem de tais elementos. Apresentam grande aplicação no mercado devido à suas propriedades mecânicas de resistência, são ligas que podem apresentar compostos como Cromo e Níquel, apresentam estrutura cristalinas Cúbica de Face Centrada (CFC) e não permitem que sua resistência seja aumentada por meio de tratamento térmico, (PENG, 2014).

“Os avanços na tecnologia de materiais de estêncil incluem novos materiais de estêncil projetados especificamente para estêncil corte a laser. O material Fine Grain (distribuído por Ed Fagan, Inc.) tem uma estrutura de grão muito mais fina quando comparado ao padrão 300 séries de aço inoxidável e ligas, e contêm menores e menos vazios no material. Com menores e menos vazios, a pasta de solda não adere facilmente às paredes do estêncil. Isso se deve principalmente ao tamanho micro dos vazios (em alguns casos menor do que os tamanhos de partícula na pasta de solda) o que torna mais difícil para a pasta de solda aderir as paredes do estêncil. Quando a pasta de solda é retirada do estêncil, a liberação é mais fácil e menos resíduos de pasta são retidos no estêncil. A liberação mais fácil permite a impressão de aberturas de estêncil menores, sem redução na espessura da folha, e a redução no resíduo de pasta permite um aumento no número de impressões antes de ter que limpar o estêncil.”, (SMITH, 2017).

Um forte candidato a substituto dos aços inoxidáveis, para aplicação em estêncil, são os inoxidáveis Fine Grain (FG). Originalmente são aço inoxidáveis tradicionais que ao passar pelo processo de laminação é possível alterar a forma e tamanho de grão alcançando diâmetros próximo à 10% do valor normal aos aços comerciais e consequentemente propriedades e desempenho mecânico diferentes.

O processo de laminação é um processo de deformação plástica dos grãos do material alterando suas estruturas e permitindo um aumento em sua resistência mecânicas, experimentos de corte a laser em chapas metálicas de aços FG demonstraram superfície mais lisa e com ranhuras em menores diâmetros que dificultará a aderência de pasta de solda nas aberturas e condições mais favoráveis para impressão de solda (CALLISTER, WD., 2009).

Esta nova condição na característica do corte propicia um melhor release da pasta de solda durante a printagem, ou seja, conseguem-se impressões definidas impossíveis de serem efetuadas com a mesma espessura da lâmina de metal utilizando-se os aços cromo-níquel convencionais/comerciais.

Apesar de bastante divulgado grande parte das informações técnicas envolvendo este tipo de material ainda é considerada como segredo industrial e muitas informações técnicas garantidas por patentes. No que se refere a abertura do estêncil fez-se uma



pesquisa de comparação e estudo sobre as aberturas atuais ao que se refere a diâmetro e geometria e propôs-se novas geometria e novos diâmetros sob alguns componentes como: capacitores, resistores, diodos, BGA, QFP e bobinas. Após a determinação do novo material para o estêncil realizou-se estudo ao que se refere à geometria das aberturas devido ao fato de que as aberturas de estêncil são fortes influenciadores da qualidade de printagem nos pads. Ao estudar e pesquisar as geometrias de aberturas utilizadas sugeriu-se novos tipos de aberturas que permitem que a etapa de printagem seja realizada com maior eficácia mantendo as especificações técnicas para os componentes serem soldados, (KHAN, 2020).

### **3.2. PRODUZIR UM LOTE PILOTO PARA AVALIAÇÃO DO MATERIAL**

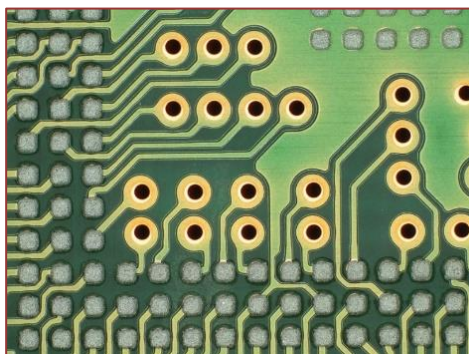
Para melhor análise foi necessário produzir um lote piloto com 100 PCIs para avaliação do novo material, analisou-se as aberturas em geral com enfoque nas novas aberturas propostas, foi feito um comparativo da geometria das aberturas assim como na quantidade de pasta de solda retida nas aberturas após printagem e limpeza. Observa-se que mesmo após a limpeza do Estêncil as aberturas do estêncil corrente apresentam maior retenção do produto o que é explicado pelo tipo de material diferente que foi fabricado o estêncil confirmando assim a qualidade e eficácia do material proposto para novo estêncil, o aço fine grain utilizado por possuir estrutura diferente tem ranhuras com dimensões menores dificultando assim a aderência das esferas de pasta de solda nas aberturas.

No processo SMT o principal componente eletrônico é o BGA (Ball Grid Array), pois mais de 90% do circuito eletrônico está sob a responsabilidade funcional dele. Por este fato normalmente este tipo de componente pode possuir centenas e até milhares de terminais de contatos através de seus “balls” nas metalizações (pads) da PCI. Diante desta realidade é fato que o sucesso da serigrafia em cada uma das centenas de metalizações ou pads é fundamental para a segurança técnica-eletrônica do produto (GUPTE, 2019).

Pelo fato de a empresa fabricar produtos de alta performance tecnológica para o setor automotivo como a injeção eletrônica também tem permanente preocupação com a segurança humana devido a representatividade que este produto pode impactar na vida pessoal de seus usuários. Devido a estes fatos, na etapa da serigrafia da pasta no processo SMT, este componente tem sua própria inspeção dedicada e especial apenas para si. A inspeção é totalmente automatizada por sistema de SPI (Solder Printing Inspection) que avalia a serigrafia em altura e volume de pasta aplicada e área no pad. Uma vez que a serigrafia aplicada não está de acordo com os critérios de aceitação da empresa, a placa é sucateada incluindo os componentes eletrônicos já soldados na PCI do lado “Botton”, pois o BGA sempre é soldado no lado “Top” da PCI.

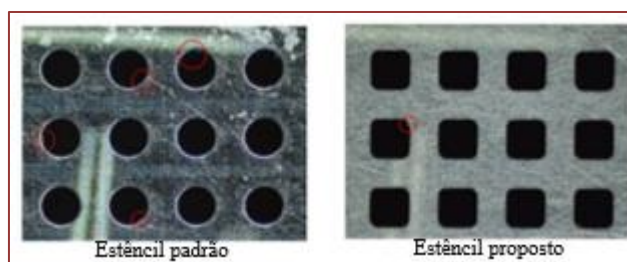
### **3.3. ANALISAR IMPRESSÃO DE PASTA DE SOLDA NA PRODUÇÃO DO TESTE PILOTO**

Para analisar a impressão de pasta de solda na produção do teste piloto foi escolhido o BGA como mostra a Figura 1, pela sua criticidade, o tipo de defeito detectado insuficiência de pasta com solução apresentada em alterar a geometria de abertura atualmente em forma circular para aberturas de geometria quadradas com cantos arredondados. AR (Aspect Ratio ou Area Ratio – Relação entre as áreas da abertura/ área das paredes da espessura do estêncil) Proposta 0,9 > AR atual 0,7 ➔ Maior Eficiência na transferência da pasta de solda no pad.

**Figura 1:** Análise visual da printagem com estêncil proposto

Fonte: Autores (2022)

A Figura 2 mostra a abertura para componente BGA, o qual tem grande representatividade na presente pesquisa uma vez que má qualidade de printagem e/ou qualquer problema relacionado a ele não permite o retrabalho e conseqüentemente haverá refugo da placa. Além disso há inúmeros registros de refugo de peças decorrente de problemas como curto de solda e Void no componente BGA.

**Figura 2:** Abertura para componente BGA. Estêncil Padrão x Estêncil proposto

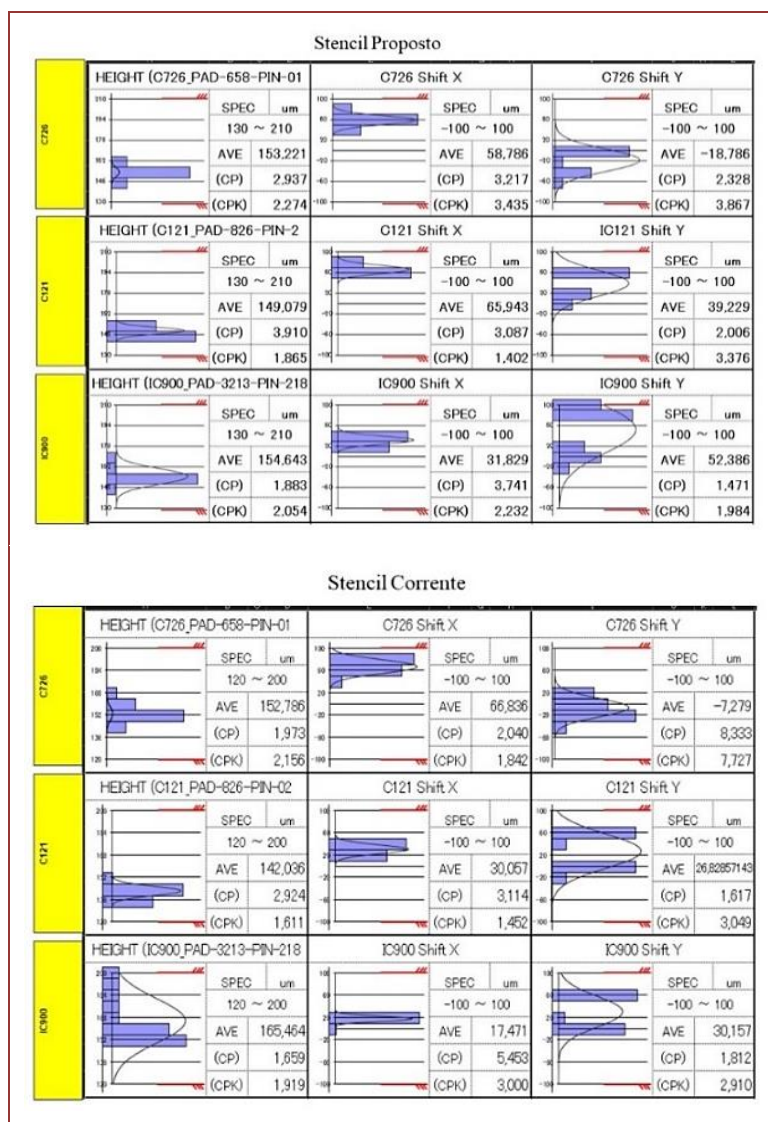
Fonte: Autores (2022)

A análise dos diferentes tipos de aberturas redondas e quadradas dá-nos uma ideia do comportamento durante o processo de impressão. Nas aberturas quadradas, após a impressão, pode-se observar que as diferentes esferas da solda ficam presas nos cantos e compensando o depósito de solda no PAD. No projeto de aberturas para componentes BGA são recomendadas aberturas quadradas, os diâmetros das almofadas devem ser iguais. Observa-se que as aberturas redondas estão quase tapadas, impedindo a transferência da solda para o PAD. Neste experimento, foi realizado com 2 tipos de estênceis: Estêncil com aberturas quadradas Estêncil com aberturas redondas. Neste experimento, 3 PCIs funcionais de um produto SKWS foram usados com uma distribuição na mesmo PCI. Os resultados entre as diferentes aberturas redondas foram comparados com as aberturas quadradas. Aberturas quadradas apresentam melhor desempenho do que aberturas redondas, no processo SMT, a diferença de um micrón na altura da solda não é considerada significativa. Dependendo do tamanho da abertura, podemos verificar que a abertura de 100 microns apresenta maior número de defeitos. Chegando à conclusão que a melhor opção é a abertura de 110 microns e o tipo de abertura quadrada (DE LA CRUZ, 2015).

Ao analisar as aberturas de para o estêncil corrente identificou-se uma grande presença de pasta de solda impregnadas nas aberturas, destacada em círculo vermelho (Figura 2), comparada ao estêncil proposto que apresentou apenas uma abertura com retenção de material de pasta. Quanto ao Cp e Cpk, ambos têm bons resultados e alturas próximas (Gráfico 2). O Cp e Cpk são índices que apontam se o processo está fabricando produtos dentro de uma faixa de especificação e assim indicam se a produtividade está o suficientemente aceitável. Para calcular os índices, é necessário que primeiro seja definida uma característica a ser medida. Após isto, é necessário colher amostras de medições desta característica. Com o LSE (Limite Superior de Especificação) e LIE (Limite Inferior de Especificação) definidos, basta agora colher amostras de medições e calcular os índices Cp e Cpk.

Por tanto, quanto maior for o índice Cp, menor a probabilidade de a característica de qualidade medida estar fora das especificações, o que indica que haveria menos produtos defeituosos durante o processo produtivo.

**Gráfico 2:** Dados estatísticos Estêncil Corrente versus proposto



Fonte: Autores (2022)

O índice Cpk é mais avançado do que o Cp, porque pode ser utilizado para medir as características de qualidade, onde apenas um limite de especificação é importante. Na prática, quanto maior for o índice Cpk, menor será a probabilidade de a característica de qualidade medida estar fora de especificação, o que também significa que a curva gaussiana mantém uma posição aceitável de centragem no que diz respeito aos limites. Por outro lado, o aumento do valor do Cpk pode exigir uma alteração na média do processo, no desvio padrão, ou em ambos. É importante ressaltar que em alguns processos pode ser mais fácil aumentar o valor de Cpk, alterando o valor médio, talvez através de um simples ajuste do objetivo do processo, do que reduzir o desvio padrão investigando as muitas causas da variabilidade. Os valores de metas para esses índices são de 1,33 para ambos, esse é o valor usado pela grande maioria das indústrias, inclusive as do setor automotivo. Em indústrias de base, normalmente os laudos de qualidade do produto exigem que o Cp e Cpk seja maior ou igual a 1,33 (ALVES, 2022).

Testes realizados com o novo estêncil, tendo o BGA como alvo, obtivemos o seguinte resultado: A altura da pasta de solda com o ranger de 130 $\mu$ m à 210 $\mu$ m, se manteve excelente com a altura de (154,6 $\mu$ m), em comparação ao estêncil corrente, com a altura da pasta de solda de (165,4 $\mu$ m), houve uma pequena redução devido ao aumento da área de preenchimento da ilha, tendo também maior regularidade de altura da pasta de solda.

Para esta análise utilizou-se como critério de avaliação das peças, a norma “DDS6527-402 - Métodos de avaliação para galvanoplastia de terminais sem chumbo de componentes eletrônicos”. Especificamente para o componente BGA avaliamos as condições de soldagem com base na norma “IPC-610G - Aceitabilidade de Conjuntos Eletrônicos” e “IPC-7095C - Inspeção BGA”. O objetivo da análise é verificar as condições de soldagem do modelo escolhido para este projeto após sua produção com um novo estêncil desenvolvido com novas aberturas além de certificar que o novo estêncil é capaz de permitir solda de componentes SMD sem defeito. Uma das anomalias que se pode observar na região soldada através da análise de cros-section é a presença de Voids que são vazios formados pela volatilização de gases oriundos do processo de soldagem, o padrão aceitável de voids não é determinado pela quantidade de vazios em si, mas pelo valor total em volume produzidos por esse vazio. Este cálculo só pode ser realizado com auxílio de Raio-X 3D, no entanto uma análise de intermetálico pode nos conduzir a estudos e conclusões referente a boa ou má qualidade de soldabilidade do componente.

Para a pesquisa do componente BGA analisou-se os voids de até 0.8mm conforme norma IPC7095. A falha de void é um dos problemas enfrentados na qualidade de solda para BGA ocasionando assim, como já mencionado, o alto índice de refugo de peças. Analisou-se 12 balls para o componente BGA os quais funcionam como terminais para o componente o resultado para todos foram satisfatórios. De forma representativa nas figuras 48 e 49 observa-se a qualidade visual de solda do ball do BGA.

Os itens avaliados para validar as amostras foram: Aparência, Formação de Solda, Formação de IMC (intermetálico) e Void, este último especificamente para BGA. Na Aparência, não foram observadas trincas, curto-circuito, aberturas, tensões mecânicas ou danos que pudessem comprometer a funcionalidade dos componentes analisados em todas as amostras.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este resultado mostra que o novo estêncil não gera esse tipo de defeito nos produtos. Para a formação de solda, todos os componentes com terminais chip / lead apresentaram boa molhabilidade e formato côncavo, atingindo a classificação A. Na formação do IMC (intermetálico), para todos os terminais analisados foi possível observar a camada intermetálica, mostrando que as mudanças na abertura do estêncil não influenciaram na qualidade das juntas de solda.

Para a análise de BGA, avaliamos a presença de vazios e alcançamos resultados satisfatórios. A análise de Cros-section realizada após a amostra ter sido submetida ao teste de ciclagem térmica nos permitiu comprovar resultados positivos e satisfatórios quanto ao processo de soldagem do componente no pad, mesmo que tenha sido observado a presença de algumas anormalidades as quais enquadram-se dentro do padrão aceitável de qualidade. Dificilmente será possível obter um processo isento de anomalias uma vez que diversos são os parâmetros a serem controlados, o que pode fazer e é o objetivo no processo é diminuir o máximo possível das anormalidades buscando sempre estar na faixa aceitável em norma não implicando assim no funcional do nosso produto.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, Guilherme Braga; DE MELO BONINI, Luci Mendes; MAIELLARO, João Roberto. ANÁLISE DA CAPABILIDADE DO PROCESSO DE EXTRUSÃO. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 2022, 8.6: 320-334.
- [2] ASSOCIATION CONNECTING ELECTRONICS INDUSTRIES - IPC-610G - Aceitabilidade de Montagens Eletrônicas com Tecnologia SMT e PTH, 2004, IPC-7095 – Design Assembly Process Implementation For BGA, 2000CALLISTER, William D., et al. Materials science and engineering: an introduction. New York: Wiley, 2018.
- [3] DE LA CRUZ, reza, et al. Impresión de soldadura en pasta para aberturas pequeñas. 2015.
- [4] GENGENBACH, Ulrich et al. An integrated workflow to automatically fabricate flexible electronics by functional printing and smt component mounting. In: 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE). IEEE, 2018. p. 1624-1629.
- [5] GUPTE, Omkar, et al. Innovative socketable and surface-mountable BGA interconnections. In: 2019 IEEE 69th Electronic Components and Technology Conference (ECTC). IEEE, 2019. p. 1028-1034.
- [6] HWANG, Jennie S. Implementing lead-free electronics. McGraw-Hill Professional Pub, 2005.
- [7] KHAN, Yasser et al. A new frontier of printed electronics: flexible hybrid electronics. Advanced Materials, v. 32, n. 15, p. 1905279, 2020.
- [8] KOKAKOÇ, İpek Deveci; TÜRKÖLMEZ, Gökçe Baysal. Selection of Solder Paste Inspection Machines by Multi-Criteria Decision Analysis. Journal of Management and Economic Studies, 2022, 4.1: 47-58.
- [9] PENG, Huabei et al. - A New Set of Creq and Nieq Equations for Predicting Solidification Modes of Cast Austenitic Fe-Mn-Si-Cr-Ni Shape Memory Alloys - Metallurgical And Materials Transactions - Volume 45b, February 2014 - 7.
- [10] SMITH, Greg. Impact of stencil foil type on solder paste transfer efficiency for laser cut SMT stencils. In: Proceedings of SMTA International. 2018. DERVAES, Robert F.; POULOS, Jeff; WILLIAMS, Scott. - Conquering SMT stencil printing challenges with today's miniature components. Global SMT and Packaging, v. 9, n. 4, p. 30, 2009.

# Capítulo 21

*UPS - Uninterruptible Power Supply: Sistema de alimentação secundária de energia elétrica para alimentação ininterrupta em processo produtivo de máquina CNC, assegurando qualidade e segurança do equipamento*

*Kate Suellen Gemaque Mota*

*Livia da Silva Oliveira*

*Diego Guimarães Biasuz*

*Allan José da Silva Araújo*

**Resumo:** A UPS é uma fonte secundária de alimentação ininterrupta que tem a função de alimentar equipamentos a ele ligados, quando há a interrupção ou distúrbio no fornecimento de energia primária. Sua sigla UPS significa Fonte de Alimentação Ininterrupta ou conhecida também no Brasil como nobreak. Como se sabe o fornecimento de energia elétrica dispõe de falhas e interrupções, podendo ser justificada e demonstrada essas falhas, distúrbios e/ou fenômenos nos dados fornecidos por organizações responsáveis (ONS, ANEEL, CCEE, outros...) por gerar informativos de qualidade nos suprimentos de energia elétrica, onde essas organizações dispõem de boletins de informação contendo as interrupções, o recebimento da qualidade e geração de energia, ainda dados sobre tipos de reclamações dos usuários as concessionárias de energia, sendo nelas apresentadas os informes de diversos tipos de distúrbios em seu fornecimento. Logo, a indústria que em muitos casos, necessita de uma energia ininterrupta e sem falhas, pôr em muitos caso possuir máquinas e/ou equipamentos com uma certa sensibilidade, buscam por implementações de alimentação secundária livre de falhas por interrupção, sags ou instabilidades de energia elétrica. Então surgem as oportunidades em apresentar equipamento como UPS para ser um suporte da máquina interligada a ela, as UPS possuem fontes secundárias de alimentação ininterrupta e ainda entram para fornecer uma qualidade e segurança operacional. Os resultados obtidos comprovam o alto rendimento alcançável com sua utilização, pois evitam paradas de processos, setup constante por distúrbios gerados pela energia elétrica, bem com prejuízos por scrap de matéria e ainda há grande benefícios na segurança operacional, ao prevenir as paradas bruscas do maquinário evitando assim acidentes de trabalhos por projeção de material.

**Palavras-chave:** Nobreak; Sistema de UPS; qualidade de energia; energia livre.

## 1. INTRODUÇÃO

No sistema CNC's de bobinamento de transformadores, há uma necessidade de qualidade contínua de energia no processo, que para evitar paradas de produção, acidentes de trabalho durante as paradas e/ou perda de parâmetros dos processos de máquinas dever haver um fornecimento de energia elétrica ininterrupta e/ou sem falha ou distúrbios neste fornecimento, apesar de ser um dever da concessionária de energia elétrica garantir um serviço de fornecimento de qualidade de energia, os dados conforme o portal da ANEEL – **Agência Nacional de Energia Elétrica** de Julho/2022 a Distribuidora Amazonas Energia aparece no 11<sup>o</sup> Rank com reclamações de qualidade do fornecimento de energia, o Norte ocupa o 1<sup>o</sup> lugar no rank de reclamações (Dados de publicação 2022: “ <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/documentos/declaracao-de-utilidade-publica>”), ou seja, não há uma energia ininterrupta ou sem distúrbios, pois conforme dados públicos de qualidade de energia isso não ocorre na prática. Além disso, podemos analisar as informações registrada de interrupção de energia direito no site da ONS – Organização Nacional do Sistema Elétrico. Então uma das soluções para se trabalhar como a problemática da falta ou falha da energia elétrica e conseguir uma energia ininterrupta seria o sistema de alimentação secundária de energia ininterrupta com o sistema de UPS.

O Sistema de UPS, foi escolhido pela característica de fornecimento de energia contínua da carga, mesmo na interrupção ou falha de energia gerada pela rede de alimentação ou por distúrbios ao sistema elétrico, sua energia é provida por baterias, que são carregadas enquanto a rede de alimentação está funcionando normalmente. A UPS, além de assegurar a proteção do equipamento em caso de queda de energia, tem como função conter subtensão ou sobretensão na rede de alimentação, sobrecarga, picos de tensão, curto-circuito nas saídas, descarga das baterias e também fornecimento de energia sem interrupção e limpa de forma adequada, mesmo quando há presença de distúrbio e interrupção de energia elétrica fornecida pela concessionária durante um período pré-estabelecido, através de um banco de bateria até o reestabelecimento ou normalização do fornecimento de energia elétrica ligada em paralelo a alimentação da rede, seja, pela concessionária ou por grupo gerador, então baseado em estudo: das aplicações de nobreaks, requisitos de segurança, compatibilidades, especificações do desempenho e requisitos de teste de acordo com as normas IEC 62040-1:2017/ IEC 62040-2:2016/IEC 62040-3:2021/IEC 62040-4:2013/IEC 62040-5:2016 onde se estabelece os requisitos de desempenho e teste aplicados a sistemas eletrônicos de energia ininterrupta (UPS) móveis, estacionários e fixos.

Em resultados da operação na qualidade do suprimento, a informação dada pela ONS publica: Todos os sistemas elétricos do mundo estão sujeitos a interrupções do suprimento em sua operação. A construção de um sistema totalmente imune a falhas exigiria redundâncias de equipamentos e circuitos, com investimentos tão elevados que a tarifa de energia necessária para remunerá-los seria inaceitável pela sociedade (ONS, 2022). Na indústria quedas e interrupções de energia elétricas trazem grades prejuízos a produção e riscos há segurança na operação de máquinas e equipamentos. No estudo a seguir iremos abordar sobre a implementação de um sistema de UPS (Fontes de alimentação ininterrupta) em uma linha de CNC's de bobinamento de transformadores, que além do tempo de parada durante as quedas ou ausência de energia, temos a perda de matéria prima durante o ciclo nos distúrbio, também temos problemas de segurança operacional e qualidade de produto devido a característica do processo ter-se máquinas rotativas, essas paradas bruscas no processo de seu funcionamento podem vir a ocasionar

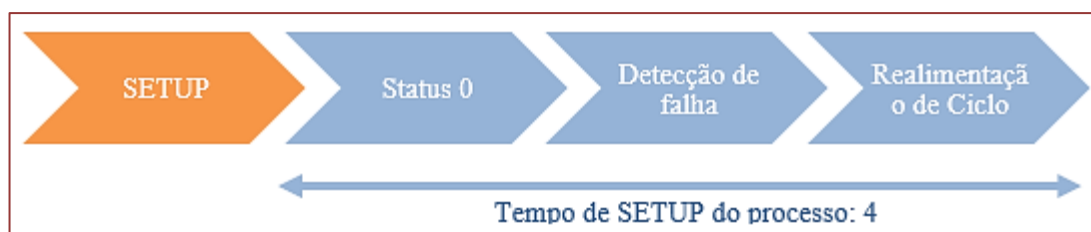
projeção ou lançamentos de matéria prima e final danificada e serem ainda lançadas em direção ao operador podendo vir assim a causar acidentes dentro das linhas produtivas.

Visando realizar uma aplicação com desempenho, qualidade e energia contínua livre de falhas e interrupção. Realizou-se uma aplicação de sistema de energia ininterrupta em um conjunto de máquinas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica em busca de entender os conceitos, foi fundamental para se desenvolver o estudo. Onde entender o desperdício é fundamental para a tomada de decisão da escolha do projeto. O processo de perda durante uma parada de produção é muito simples, basta entender que há a necessidade do entendimento do ciclo de setup do processo, conforme Figura 1 segue ciclo de processo do Setup:

**Figura 1:** Ciclo de processo Setup



Fonte: Autores (2022)

Em um ciclo de produção, a máquina produz em torno de  $\pm 12$  peças/ciclo cada ciclo tem um time de 34 segundos. Já imaginou um desperdício por 1h de máquina parada?

Pois é, durante uma parada de apenas um setup da máquina há em média uma perda de 141 peças, isso sem contabilizar o tempo de uma parada de energia, levando apenas em consideração o prejuízo/perca de um setup na máquina, para voltar com a produção dos transformadores novamente. As paradas por anormalidades de falha na máquina (incluído sags, dips, swells e transientes) levam ainda há uma perda do ciclo gerando scrap de material produtivo, scrap estes que não podem ser reutilizados.

Assim, a implementação de um sistema de ininterrupto foi adquirido e desenvolvido para o conjunto de máquinas CNC's, segundo as metodologias de estudo científico é um processo sistemático, à procura de respostas a problemática relacionadas.

Para início de projeto, realizou-se os dimensionamentos do sistema:

### Dimensionamento do Sistema de UPS

Seja ele único, ou um conjunto em paralelo, deve ser dimensionado para atender à potência ativa da carga. A equação (1) possibilita a realização deste dimensionamento:

$$S = \frac{P_c}{(FP \times n \times FCM)} \quad (1)$$



onde:

**S** = potência aparente do UPS (kVA)

**P<sub>c</sub>** = Potência ativa da carga (kW)

**FP** = Fator de potência de saída do UPS

**n** = rendimento do inversor do UPS

**FCM** = Fator de carregamento máximo admitido para o UPS

onde o rendimento é a relação entre energia liberada e a energia introduzida, conforme equação (2):

$$\eta = \frac{P_{Saída}}{P_{Entrada}} \quad (2)$$

Cálculos para determinar número de bateria, equação (3):

$$N = \frac{V_{Nominal}}{V_{Flutuação}} \quad (3)$$

onde:

**N** = número de baterias

**V<sub>Nominal</sub>** = tensão de flutuação da UPS

**V<sub>Flutuação</sub>** = tensão de flutuação da bateria

### **Dimensionamento de chave de transferência estáticas**

Para que haja uma comutação rápida, onde a velocidade é feita de forma que a carga não sofra interrupção no funcionamento, equação (4):

$$I_{sts} = \frac{I_c}{FCM} \quad (4)$$

onde:

**I<sub>sts</sub>** = corrente mínima da chave estática

**I<sub>c</sub>** = corrente nominal da carga

**FCM** = fator de carregamento máximo adotado para chave estática a plena carga.

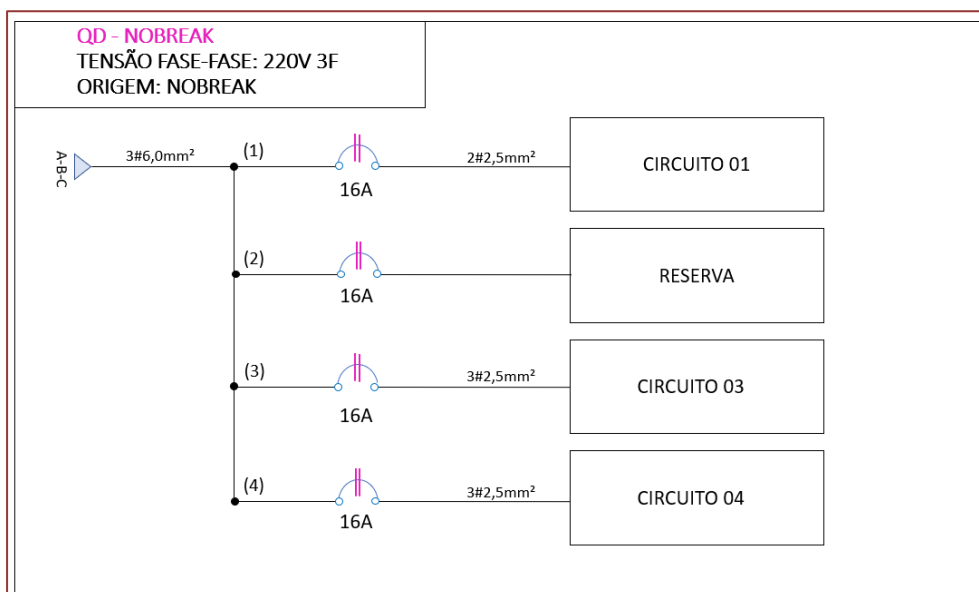
### **Dimensionamento do circuito**

Conforme indicados pela ABNT NBR-5410 em seu item 5.3.4.1 – Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção.

### **Diagrama unifilar da UPS**

Conforme definição de carga do sistema CNC's de bobinamento de transformadores, projeto desenvolvido para a máquina. Figura 2 com o Diagrama da UPS:

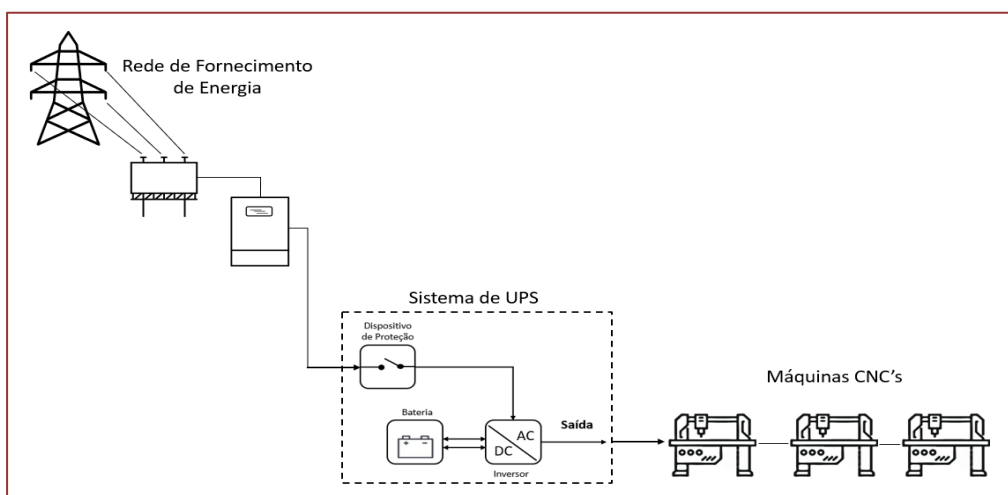
**Figura 2: Diagrama Unifilar UPS**



Fonte: Autores (2022)

Conforme Figura 3, temos a aplicação de modo geral do Sistema da UPS interligadas nas máquinas CNC's de bobinamento de transformador:

**Figura 3: Aplicação geral do sistema instalado nas máquinas CNC's**



Fonte: Autores (2022)

Na Tabela 1, tem-se as informações de características técnicas do equipamento interligado baseiam-se no datasheet do equipamento UPS instalado, segue abaixo:

**Tabela 1.** Datasheet EATON da UPS instalada

Modelo	6kVA 1:1	10kVA 1:1 e 3:1	20kVA 1:1 e 3:1
<b>Potência VA/W</b>	6kVA/4.8kW	10kVA/8kW	20kVA/16kW
<b>Formato</b>	Torre		
<b>Características Elétricas</b>			
<b>Tecnologia</b>	On-line dupla conversão		
<b>Tensão nominal de entrada</b>	220/230/240V		
<b>Faixa de tensão de entrada sem o uso de baterias</b>	176-276V sem descarga (até 110-276V com descarga)		
<b>Tensão de saída/THDU</b>	220/230/240V $\pm 2\%$ , THDU <3%		
<b>Variação de frequência</b>	45Hz-66Hz, 50/60Hz detecções automática		
<b>Eficiência</b>	Até 93% em modo On-line, 97% em modo ECO		
<b>Fator de Crista / Corrente de curto-circuito</b>	82 <sup>a</sup>	137A	273 <sup>a</sup>
<b>Capacidade de Sobrecarga</b>	105%-110%: 5min, 110%-130: 1min, 130%-150%: 10s, > 150%: 100ms		
<b>Conexões</b>			
<b>Entrada</b>	Borne		
<b>Saída</b>	Borne		
<b>*Tempos de autonomia estimados para 50% e 75% de carga (Minutos)</b>			
<b>9E</b>	20/12	15/9	15/9
<b>9E + 1 EBM</b>	75/47	60/36	27/19
<b>9E + 4EBMs</b>	222/140	170/110	82/54
<b>Comunicação</b>			
<b>Portas de comunicação</b>	1 porta serial USB + 1 porta serial RS232 (USB e RS232 não podem ser utilizadas simultaneamente)		
<b>Slot de comunicação</b>	1 slot para placa Network-MS, ModBus-MS ou Relay-MS		
<b>Software</b>	Intelligent Power Software Suite (Composto por IPM e IPP)		
<b>Condições Ambientais e Certificações</b>			
<b>Temperatura de operação</b>	0 a 40° C		
<b>Nível de ruído</b>	<55dB		
<b>Segurança</b>	IEC/EN 62040-1		
<b>Desempenho</b>	IEC/EN 62040-2		
<b>Aprovações</b>	CE, relatório CB (TUV)		
<b>*Tempos de autonomia são aproximados e podem variar de acordo com equipamento, configuração, idade da bateria, temperatura, etc.</b>			
<b>Part Numbers</b>	<b>6kVA 1:1</b>	<b>10kVA 1:1 e 3:1</b>	<b>20kVA 1:1 e 3:1</b>
<b>No-break</b>	9E6Ki	9E10Ki	9E20KiXL
<b>EBM</b>	9EEBM6Ki	9EEBM10Ki	9EEBM20KiXL
<b>Opcionais</b>	Placas Network-MS, ModBus-MS ou Relay-MS		
<b>Fabricante</b>	EATON – Powering Business Worldwide		

Fonte: Site EATON – Powering Business Worldwide

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os levantamentos realizados sobre ocorrência no Sistema Elétrico Brasileiro com interrupção de cargas superior a 100 MW por mais de dez minutos, houve uma totalização de 17.046 MW de corte de carga, dados disponíveis no Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro e reclamações da qualidade no fornecimento de energia, conforme destacados na Tabela 2:

**Tabela 2:** Ocorrência no sistema elétrico Brasileiro

Carga Interrompida no SEB (MW)														
Subsistema	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	2019 JAN-DEZ	2018 JAN-DEZ
SN <sup>2</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.183
S	0	146	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146	0
SE/CO	1.677	355	124	621	0	0	0	107	577	872	1.891	767	6.991	1.440
NE	337	0	428	285	0	258	459	0	0	129	279	606	2.781	1.505
N	153	0	134	312	657	0	0	177	0	545	0	298	2.276	3.444
Isolados	827	783	481	347	1.241	647	357	172	0	0	0	0	4.855	10.666
<b>Total</b>	<b>2.994</b>	<b>1.284</b>	<b>1.167</b>	<b>1.565</b>	<b>1.898</b>	<b>905</b>	<b>816</b>	<b>456</b>	<b>577</b>	<b>1.546</b>	<b>2.170</b>	<b>1.671</b>	<b>17.049</b>	<b>40.237</b>

Fonte dos dados: ONS / EDRR / Eletronorte

Os dados mostram a evolução da carga interrompida no SEB devidos as ocorrências, havendo como critério para seleção das interrupções: corte de carga  $\geq 100$  MW por tempo  $\geq 10$  min para ocorrências no SIN e corte de carga  $\geq 100$  MW nos sistemas isolados.

E SN<sup>2</sup> como perda de carga simultânea em mais de uma região.

Desta forma, mostrando que por mais que haja a evolução, não há uma carga ininterrupta em nosso sistema elétrico Brasileiro. Assim, a aplicação da UPS apresenta um resultado de confiabilidade satisfatório, pois com os dados a ANEEL nos relatórios de indicadores de qualidade de energia (2022, p. 25; 52 à 56) temos o Norte com seus índices significativos e a Amazonas Energia como distribuidora ocupando o 11º rank de reclamações por tipologias de distúrbios na distribuição de energia elétrica, isso para a indústria gera perca significativas em seus processos produtivos, com isso, há uma segurança operacional resolvida com a implementação da UPS interligada ao conjunto de máquina CNC's de bobinamento de transformador.

A Tabela 3 com as análises do equipamento instalado e integrado a rede de alimentação contendo seus dados e resultados de benefícios com a UPS instalação ao equipamento:

**Tabela 3:** Benefícios com aquisição da UPS integrado na máquina

Dados	Resultados
Confiabilidade	Maior qualidade e segurança em paradas
Manutenção ou substituição de partes e/ou peças	Fornecer boas condições de trabalho aos operadores e reduzir os esforços
Parada por Interrupção ou falha de energia	Gera uma qualidade de energia ininterrupta e segura. Onde o tempo de parada e inatividade da máquina reduz a quase zero.
Prejuízo/perca de material	Redução de Setup da máquina, redução scrap de material, produtividade maior
Produtividade	Aumenta a produtividade por ser integrado a um sistema de energia contínua e diminui o custo do produto
Segurança	Com a eliminação das paradas bruscas, elimina-se incidentes por projeção de material
Vida útil média	Estão relacionadas diretamente com as baterias

Fonte: Autores (2022)

Conforme a ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico que assegura os usuários do SIN – Sistema Integrado Nacional há dados de duração e frequência de interrupção de carga, sem serem contabilizados os sags, dips, swells e transientes. Um estudo interno dentro da fábrica mostrou um índice das paradas de máquinas seja por interrupção ou falha, mostrando que as paradas de máquinas se tornaram menor após a implementação do sistema, pois o sistema de UPS garanti estabiliza, produtividade e segurança nas paradas que eram geradas pelas falhas elétricas. Segundo Buettgen (2011) as paradas por interrupção ou falha de energia, perca de material faz parte das etapas de planejamento e controle da produção, onde busca-se reduzir o tempo operacional das paradas possíveis, os resultados da implementação mostram que houve o aumento da qualidade com as reduções e aumento de produtividade.

Através de levantamentos com o operacional de manutenção de utilidades fabril, o coordenador de manutenção relata “o ganho na produção foi significativo, reduziu o número de scrap, houve um grande aumento na produção e devido a implementação houve à redução de setup por paradas e/ou falhas de energia elétrica, gerando maior tranquilidade na manutenção, pois podemos focar em manutenções programadas sem a necessidade de intervenção emergenciais para a volta do equipamento”. Observamos com isso, que apresentamos resultados satisfatórios e eficientes com a implementação de um sistema de UPS pois, há um sistema de qualidade de energia contínua sem parada de máquinas. Para os operadores a implementação gerou segurança, ao se reduzir as paradas bruscas evita-se o risco de acidentes por projeção de material com a quebra dos carretes.

É de muita importância realizar um detalhamento no levantamento e dimensionamento de cargas isso fará com que haja uma compra cheia de vantagens e trará os melhores resultados ao sistema de UPS e banco de bateria, tendo assim uma distribuição de carga correta.

A indústria está evoluindo e as implementações de melhorias de processo em gestão de manutenção e prevenção de paradas de máquinas, estão em busca constante por métodos, equipamentos supervisórios e/ou integrado as máquinas produtivas para que haja o mínimo de paradas de produção possíveis, segundo Neto (2018) a evolução da indústria 4.0 e sobre as automatizações para antecipar paradas de máquinas.

Assim, mostra-se que a implementação tem a finalidade de atacar as paradas de máquinas antecipadamente, através de implementação de equipamento interligada ao maquinário produtivo e assim ajudar com as paradas por interrupção geradas por distúrbios ou falhas de energia elétrica.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema de alimentação secundária de energia elétrica para alimentação ininterrupta em um processo produtivo de máquina CNC's, assegura uma qualidade e segurança do equipamento. O estudo mostra que os ganhos em paradas de máquinas e perda de material se tornou viável e atende as expectativas relacionadas ao processo contínuo na produção, os materiais de scrap reduzem-se no mesmo % de redução de parada por interrupção ou falha de energia, gerando assim, uma produção maior, pois o tempo de parada não se resume somente nos tempos de setup, mas envolve um ciclo de medidas da operação, manutenção e operados de produção tendo como ápice a confiabilidade nas reduções de paradas por falhas e/ou paradas de energia elétrica fornecida pela comercializadora de energia.

A implementação permitiu um entendimento da importância do crescimento da tecnologia e necessidade de forma significativa no âmbito da qualidade no fornecimento de energia e sobre o sistema que podem gerar energia ininterruptas em modo geral. Baseado nisso, temos que aprimorar nossas habilidades e abrir oportunidades para minimizar as ocorrências de perturbações, falhas e interrupção de energia.

O estudo mostrou que, ao ter uma alimentação interrompida, ou com desvio para fora do nível de segurança, o sistema de UPS proporciona instantaneamente uma alimentação com seu banco de bateria de forma emergencial suportando e garantindo um sistema sem sobre cargas ou interrupção ao equipamento nela ligado.

#### REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR 14039 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV;
- [2] ABNT NBR 5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO (REVISÃO);
- [3] ABNT NBR 5419 – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS;
- [4] AIRES, R. W. D. A.; MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. de S. Indústria 4.0: Competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. In: Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–ciki. Foz do Iguaçu: [s.n.], 2017. v. 1, n. 1, p. 1–15.
- [5] ARRABAÇA, Devair A.; GIMENEZ, Salvador P. Eletrônica de Potência conversores de energia CA/CC teoria, prática e simulação. SARAIVA 9ª Edição, 2016.
- [6] FERNANDES, Flavio Cesar Farias; FILHO, Moacir Godinho. Planejamento e Controle da Produção – dos Fundamentos ao Essencial. Editora Atlas S.A., 2009
- [7] IEC 62040-1:2017+AMD1:2021 CSV Consolidated version Uninterruptible power systems (UPS) – Part 1: Safety requirements

- [8] IEC 62040-2:2016 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 2: Electromagnetic compatibility (EMC) requirements
- [9] IEC 62040-3:2021 Uninterruptible power systems (UPS) – Part 3: Method of specifying the performance and test requirements
- [10] IEC 62040-4:2013 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 4: Environmental aspects - Requirements and reporting
- [11] IEC 62040-5-3:2016 Uninterruptible power systems (UPS) - Part 5-3: DC output UPS - Performance and test requirements
- [12] NETO, Alfredo P. Manutenção Industrial. Uniasselvi, 2018
- [13] NORMA REGULAMENTADORA 10 (NR –10) Rafael Pimentel, P.M. Distúrbio no sistema elétrico de Potência. 2016
- [14] RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021
- [15] Site ANEEL Governo Federal: [https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/-/blob/main/relatorioseindicadores/distribuicao/Observatorio\\_Distribuicao\\_Reclamacoes](https://git.aneel.gov.br/publico/centralconteudo/-/blob/main/relatorioseindicadores/distribuicao/Observatorio_Distribuicao_Reclamacoes) Pesquisa em 09/10/2022
- [16] Site ANEEL Governo Federal: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos> Pesquisa em 07/09/2022
- [17] Site ANEEL Governo Federal: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/documentos/declaracao-de-utilidade-publica> Pesquisa em 11/09/2022
- [18] Site CCEE: <https://www.ccee.org.br/relatoriodeadministracao/20-governanca-40.html> Pesquisa em 14/10/2022
- [19] Site ONS: <http://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/qualidade-do-suprimento> Pesquisa em 23/10/2022
- [20] TOSSI, Luís; MACEDO JÚNIOR, Azarias. Condicionamento de energia. (capítulo IX – Projeto de instalação de sistemas UPS) 2011.

[www.poisson.com.br](http://www.poisson.com.br)  
[contato@poisson.com.br](mailto:contato@poisson.com.br)

@editorapoisson



<https://www.facebook.com/editorapoisson>

